Aus der Abteilung für Zahnärztliche Prothetik
Ärztlicher Direktor: Professor Dr. E. Körber
des Zentrums für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde
der Universität Tübingen

Dimensionsabweichungen des Modellstumpfes vom präparierten Zahnstumpf in Abhängigkeit von der Präparationsart und der Wahl des Abformmaterials - eine vergleichsmakroskopische Untersuchung

Inaugural-Dissertation

zur Erlangung des Doktorgrades
der Zahnheilkunde

der Medizinischen Fakultät
(Klinische Medizin)
der Eberhard-Karls-Universität
Tübingen

vorgelegt von
ANTON BIRK
aus Dellmensingen
Alb-Donau-Kreis

1983

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41543907_0041

Aus der Abteilung für Zahnärztliche Prothetik
Ärztlicher Direktor: Professor Dr. E. Körber
des Zentrums für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde
der Universität Tübingen

Dimensionsabweichungen des Modellstumpfes vom präparierten Zahnstumpf in Abhängigkeit von der Präparationsart und der Wahl des Abformmaterials - eine vergleichsmakroskopische Untersuchung

Inaugural-Dissertation

zur Erlangung des Doktorgrades
der Zahnheilkunde

der Medizinischen Fakultät
(Klinische Medizin)
der Eberhard-Karls-Universität
Tübingen

vorgelegt von
ANTON BIRK
aus Dellmensingen
Alb-Donau-Kreis

1983

UNIV.
LEIDEN
BIBL.

Dekan: Professor Dr. W. Frommhold
1. Berichterstatter: Professor Dr. E. Körber
2. Berichterstatter: Privatdozent Dr. G. Schmalz

Druck: Zeeb-Druck, Tübingen 7 (Hagelloch)

für

C H R I S T I N E

INHALTSVERZEICHNIS

		Seite
1.	EINLEITUNG UND PROBLEMSTELLUNG	1
2.	LITERATURÜBERSICHT	3
3.	MATERIAL UND METHODE	12
3.1.	Welche Prüfkörper wurden benützt und was für Präparationsformen angewandt?	12
3.2.	Die Abdrucknahme	12
3.3.	Modellherstellung	20
3.4.	Untersuchung im Vergleichsmakroskop	23
3.5.	Die Auswertung über das Schwarz-Weiß-Bild	27
4.	ERGEBNISSE	30
4.1.	Auswertbarkeit	30
4.2.	Der Einfluß des Materials auf die Ergebnisse	30
4.3.	Der Einfluß der Präparationsform auf die Ergebnisse	32
4.3.1.	Abweichung aller 5 Stümpfe einer Präparationsform	32
4.3.1.1.	Silaplast/Silasoft	32
4.3.1.1.1.	Approximalansicht	32
4.3.1.1.2.	Buccalansicht	33
4.3.1.2.	Coltoflax/Coltex fine	33
4.3.1.2.1.	Approximalansicht	33
4.3.1.2.2.	Buccalansicht	33
4.3.1.3.	President putty/President light body	34
4.3.1.3.1.	Approximalansicht	34

Seite

4.3.1.3.2.	Buccalansicht	34
4.3.2.	Vergleich der occlusalen und seitlichen Abweichungen	39
5.	DISKUSSION	53
5.1.	Zur Auswertbarkeit der vergleichs-makroskopischen Aufnahmen	53
5.2.	Vergleich der eigenen Ergebnisse	53
5.2.1.	Vergleich der Materialien miteinander	53
5.2.2.	Vergleich der unterschiedlichen Dimensionsabweichungen bei Approximal- und Buccalansicht der Zahnstümpfe	54
5.2.3.	Vergleich der occlusalen mit den seitlichen Dimensionsabweichungen	55
5.2.4.	Vergleich der Präparationsformen untereinander	56
5.3.	Vergleich der Ergebnisse mit der Literatur	57
5.3.1.	Vergleich der Materialien unterschiedlicher Zusammensetzung	57
5.3.2.	Vergleich der Dimensionsunterschiede	58
5.4.	Zusammenfassende Folgerungen dieser Untersuchung	61
6.	AUSBLICK	62
7.	ZUSAMMENFASSUNG	63
8.	LITERATURÜBERSICHT	64
ANHANG		75
DANKSAGUNG		
LEBENSLAUF		

1. EINLEITUNG UND PROBLEMSTELLUNG

Die formgetreue Wiedergabe von Kronenstümpfen für die Anfertigung von Arbeitsmodellen ist eine wesentliche Voraussetzung für die Paßgenauigkeit von Kronen und Brücken. Zur Abformung von Kronenstümpfen werden heute verschiedene Materialien und auch unterschiedliche Methoden angewendet. Beides, Material und Methode, beinhaltet in der Zielsetzung eine exakte Detailreproduktion der Oberflächen von Zahnstümpfen. Bei korrekter Abformtechnik ist diese bei den meisten heute gebräuchlichen Abdruckmaterialien gegeben. In der Reproduktion der Pfeilerform bestehen jedoch Unterschiede, welche auf das Material oder auch auf die Methode zurückgeführt werden können. Mit Hilfe einer Methode soll geprüft werden, ob zwischen kondensationsvernetzten und additionsvernetzten Silikonen ein Unterschied im Dimensionsverhalten besteht. Unterschiede in der Formgenauigkeit der Abformwerkstoffe können darüber hinaus dadurch entstehen, daß die in Untersuchungen an stilisierten Metallprüfkörpern gewonnenen Ergebnisse der Literatur nicht auf den präparierten Zahnstumpf übertragbar sind. Neben dieser rein werkstoffkundlichen Beeinflussungsmöglichkeit des Abformmaterials könnte außerdem die unregelmäßige Form eines Zahnstumpfes und die verwendete Präparationsart einen Einfluß auf die Formgenauigkeit besitzen. Über beide Problemkreise ist aus der Literatur kein Hinweis zu entnehmen, da immer stilisierte Metallprüfkörper in den Untersuchungen Anwendung fanden (19,24,25,26-37,38).

Da eine metrische Bestimmung der Abweichungen eines über die Abformung von einem präparierten Zahnstumpf gewonnenen Modellstumpfes im Meßmikroskop sehr schwierig bzw. kaum zu realisieren ist, haben wir nach einer Methode gesucht, die den direkten optischen Vergleich zwischen präpariertem Zahnstumpf und hergestelltem Modellstumpf gestattet. Diese Möglichkeit ergab sich mit dem Vergleichsmakroskop der Firma Leitz, welches bisher in der Kriminalistik zum Vergleich

von Geschoßprojektilen Anwendung gefunden hat.

Die Aufgabenstellung dieser Arbeit bestand darin, folgende Fragen zu klären:

1. Eignet sich die Vergleichsmakroskopie für zahnärztliche werkstoffkundliche Untersuchungen.

2. Bestehen zwischen den in der Literatur angegebenen Abweichungen zwischen stilisiertem Zahnstumpf und Modell und den durch die Vergleichsmakroskopie gewonnenen Abweichungen Unterschiede in Größe und in Form.

3. Bestehen Unterschiede in den Abweichungen vom präparierten Zahnstumpf und Modell in Abhängigkeit vom verwendeten Abformmaterial und der angewendeten Präparationsart.

2. LITERATURÜBERSICHT

Zur exakten Oberflächenwiedergabe präparierter Zahnstümpfe und genauen Darstellung der Zahnfleischtasche für die Anfertigung von Gußkronen entwickelten sich aus dem ursprünglichen Doppelabdruckverfahren nach STAHL 1956 (70), welcher den Erstabdruck mit thermoplastischer Kompositionsmasse und den Zweitabdruck mit Thiocol- bzw. Siliconabformmaterial machte, das Korrekturabdruckverfahren nach HOFMANN 1965 (23), das P-R-S-Abdruckverfahren nach STÄHLE (71), der Ergänzungsabdruck nach SCHWINDLING (65), die Permlastic Doppelmischtechnik nach Kerr und das ABC-Abdruckverfahren nach CARDEX (5). Der Korrekturabdruck gehört nach FRANZ 1975 (15)zu den Standartmethoden der Abdrucktechnik sowohl im studentischen Unterricht als auch in der Praxis.

Die chemischen und physikalischen Eigenschaften von Abformmaterialien wurden von sehr vielen Autoren in der Literatur abgehandelt, u.a. von SCHWICKERATH (61), HENKEL (22), ILG (26-37), MEYER (51), TRIEBSCH (73), LENZ und WELKER (43), AHRENS und NAUJOKS (1),EFFINGER (19) u.LENZ (44). Diese Untersuchungen zeigten keine sicher übereinstimmenden Resultate. Aus ihnen konnte aber entnommen werden, daß Veränderungen der Materialien (z.B. Volumenänderungen) nach dem Anmischen, der Abdrucknahme sowie die daraus resultierenden Ungenauigkeiten bei den herzustellenden Füllungen und Kronen nur relativ gering waren. Während HENKEL (22) bei seinen Untersuchungen mit Siliconmassen keinen Gewichtsverlust feststellen konnte, kamen EFFINGER (10), AHRENS und NAUJOKS (1), ILG (27-37) und MAYER (51) zu gegenteiligen Ergebnissen. Nach Messungen von ILG (27-37) und MAYER (51) betrug der Gewichtsverlust bei Siliconmassen im Höchstfall 2,4 %. Bei 3 Tagen Lagerung an der Luft konnte EFFINGER (10) Gewichtsverluste von 0,6 % - 1,6 % feststellen, bei Lagerzeiten von 12 Stunden resultierten Gewichtsabnahmen von 0,3 % - 0,7 %. Ein besseres Verhalten zeigten Abdruckmassen

bei Lagerung in Aqua destilata. In ähnlichen Untersuchungen stellten AHRENS und NAUJOKS (1) ebenfalls Gewichtsverluste fest, welche bei 40-stündiger Lagerung zwischen 0,6 % - 0,7 % betrugen. Den Grund für die Geweichtsabnahme sahen AHRENS und NAUJOKS (1) in der Tatsache, daß ständig frei werdendes Wasser verdunstet. Auch EFFINGER (10) sah die Ursache hauptsächlich im Abdampfen flüchtiger Komponenten der Anrührflüssigkeit bzw. anderer flüchtiger Zusatzkörper, wie z.B. Härter.

Im Volumenverhalten von Siliconabdruckmassen konnte HENKEL (22) ebenfalls keine Abweichungen feststellen. AHRENS und NAUJOKS (1) hingegen kamen bei den von ihnen untersuchten Materialien zu einer weitgehenden Übereinstimmung im Volumenverhalten. Während der ersten 2 Stunden zeigte sich eine Expansion, die von einem Kontraktionsvorgang abgelöst wird, welcher nach Erreichen des Anfangsvolumens fortschreitet und nach ca. 8 Stunden zu einem Volumenverlust von maximal 0,5 % (bei Permlastic) führt. Die Ergebnisse dieser Untersuchung konnte ILG (26-37) mit seinen Messungen weitgehend bestätigen. Er stellte weiter fest, daß bei Benützung von Haftlack, die Abformmasse zum Haftlack hin kontrahiert, das Abdrucklumen sich also vergrößert, während sich dieser Sachverhalt bei der Expansion umgekehrt verhält. Auch EFFINGER (10) kam bei seinen Untersuchungen zu Volumenverlusten bei Lagerung von siliconhaltigen Massen an der Luft. Die Volumenabnahme war geringer, wenn die Silicone in Aqua dest.gelagert wurden. Die Abnahme des Volumens kann nicht allein auf das Verschwinden abdampfender Substanzen zurückgeführt werden. Sie ist möglicherweise, so EFFINGER (10), auf eine nach der Primärabbindung einsetzende Restvernetzung zurückzuführen, die eine Kontraktion des Materials bewirkt. Die Ursachen dafür liegen nach MEINERS (49) in einer Abbindekontraktion, thermischen Kontraktion und einer Lagerzeitkontraktion. Zu einer Expansion kommt es infolge von Quellung bei Lagerung im Wasser. Auch SCHWICKERATH (62) und SCHWINDLING (63,64,66,67) konnten

die gemachten Beobachtungen in ihren Untersuchungen bestätigen.

ILG (26) war 1948 der erste, der untersuchte, ob Temperaturunterschiede einen Einfluß auf das Volumen von Kupferbandabdrücken ausüben können. Diese Abdrücke wurden immer mit Xantygen in Stangen hergestellt. Anhand seiner Messungen konnte er zeigen, daß ein linearer Zusammenhang zwischen Temperatur und Volumenänderung besteht. Seine Bezugstemperatur war 19° C. Er konnte feststellen, daß bei tieferen Temperaturen das Abdrucklumen größer und bei höheren Temperaturen kleiner geworden war. Abkühlung hatte also eine Kontraktion der Abdruckmasse zur Folge, während Wärme eine Expansion förderte. ILG (28) stellte weiter fest, daß Siliconmassen überraschend deutlich auf Temperaturschwankungen ansprechen. Bei seinen Untersuchungen darüber hat ILG (28) eine thermische Expansion bzw. Kontraktion von rund 8 µ pro 10 mm pro 1 Grad Celsius festgestellt. Auch SCHWINDLING (66,67) und REHBERG (52,53,54) kamen bei ihren Untersuchungen zu ähnlichen Ergebnissen. Die thermische Kontraktion beim Abkühlen von Mund- auf Raumtemperatur untersuchte LENZ (44). Sie betrug bei seinen Messungen für einen Temperaturbereich von 36° C - 21° C etwa 0,3 % - 0,4 % linear. Sie ist von den Verarbeitungsbedingungen weitgehend unabhängig.

Im Schrifttum finden sich nur sehr wenige Angaben über den thermischen Expansionskoeffizienten mit der Begründung, daß diese Materialkonstante nur einen zu vernachlässigenden Einfluß auf die Präzision der Abformung ausübe (FINGER, 14). ANDERSON (23) untersuchte den linearen thermischen Ausdehnungskoeffizienten einiger Siliconmassen. DREYER-JÖRGENSEN (9) berichtete über Untersuchungen an einer Reihe von Polysulfiden. McLEAN (47) weist ebenfalls mit seinen Meßergebnissen auf die Bedeutung der thermischen Kontraktion für die Genauigkeit von Polysulfiden und Siliconabdrücken hin. Der Ausdehnungskoeffizient wurde nicht durch kontinuierliche Messung über den jeweiligen Temperaturbereich bestimmt, sondern durch Bestimmung der

Probenausdehnung bei den beiden Grenztemperaturen. Eine Aussage über den Verlauf der Dimensionsänderung ist deshalb nicht möglich. Nur bei den Untersuchungen von ANDERSON (23) geht hervor, daß eine Ausdehnung als Funktion der Temperatur zwischen 20° C und 50° C nicht linear verläuft. Nach Untersuchungen von FINGER (14) dehnen sich Silicone stärker als Polysulfide und diese stärker als Polyäthergummimassen aus. Die Größe des Koeffizienten steht in einer Beziehung zum Füllstoffgehalt der Abformmasse. Alle Massen zeigten im festgelegten Temperaturbereich von 20° C - 70° C eine geradlinige oder zumindest fast geradlinige Expansionskurve. Darin stimmt FINGER (14) mit ILG (26) überein.

LENZ und WELKER (43) haben u.a. die Abdruckschärfe von Siliconmassen untersucht und kamen zum Schluß, daß die untersuchten Silicone-Materialien fast durchweg eine gute Abdruckschärfe besitzen. Bei Messungen der Abdruckschärfe wurden bei HENKEL (22)im Lichtschnittverfahren nach SCHMALZ (57) bei Siliconabdruckmassen die Rautiefenwerte des Testkörpers erreicht. AHRENS und NAUJOKS (1), RITZE (55), REHBERG (52,53) u.a. kamen bei ihren Untersuchungen ebenfalls zu guten Ergebnissen.

Über den Einfluß des Drucks auf das Abformverhalten von elastischen Abdruckmaterialien sind in der Literatur nur einige Messungen von FRENTZEN (18) bekannt. Er machte Angaben über den Druckverlauf bei der Abformung und zwar in Abhängigkeit der Löffelart (individuelle Löffel, Serienlöffel) sowie beim Korrekturabdruck. Demnach ist einerseits die Abflußbehinderung beim Einsetzen des Löffels wegen des guten Abformens wünschenswert, andererseits wegen der möglichen elastischen Verformung der Erstmasse nachteilig. Er regt deswegen an, Erstabformungen vor der Stumpf- oder Kavitätenpräparation durchzuführen. Nach MARXKORS (45,46,74) soll man einen gewissen Druck ausüben. Die Wiedergabe würde auch über längere Zeit der Druckanwendung nicht besser, sondern vielmehr die Gefahr der Deformation bei der Rückstellung nach dem Herausnehmen aus dem Mund größer.

REHBERG (74) dagegen erwähnte, daß sich mit steigendem Druck die Abformgenauigkeit erheblich verbessert. EICHNER (11) seinerseits stellt die Einflüsse auf den Druck bei der Abformung in ersten inaugurierten Messungen dar. Dabei weist er darauf hin, daß zu großer Druck besonders bei Korrekturabformung gefahrvoll sei, zu geringer Druck aber wiederum ungünstig (ungenügende Abformung). MEINERS (48) untersuchte den Strömungswiderstand bei der Korrekturabformung und gab damit einen Einblick in die Drucksituation bei der Korrekturabformung.

Über den Einfluß der Präparationsform auf das Dimensionsverhalten von Abformmaterialien finden sich in der Literatur nur ganz wenig Hinweise. DREYER-JÖRGENSEN (7,8)bringt dabei in seiner Veröffentlichung keine Ergebnisse, sondern beschreibt wie bei welcher Präparationsform abdrucktechnisch sowohl bei Thiokol- als auch bei Kupferringabdrücken verfahren werden soll.
In den Jahren 1948 bis 1960 hat ILG (26-37) umfangreiche wissenschaftliche Untersuchungen über physikalische Eigenschaften und u.a. über das Dimensionsverhalten von elastischen Abformmaterialien, speziell von Siliconen (Lastic 55) angestellt. Er berichtet in seinen Untersuchungen über das Volumen- und Dimensionsverhalten von elastischen Abformmassen, sowie über den Einfluß von positiven (Krone) und negativen (Inlay) Präparationsformen, von Temperatur, Abdruckalter und verschieden großen Wandstärken auf das Dimensionsverhalten. Mit Kupferbandabdrücken konnte ILG (26-37) sowohl Vergrößerungen als auch Verkleinerungen feststellen, wobei Vergrößerungen der Menge nach überwogen. Die Abdrücke zeigten Verzerrungen als Folge von Expansionen und Kontraktionen, so daß die Hohlform des Kupferbandabdrucks in keiner Weise mit der Präparation kongruent war. ILG (32,33) konnte weiter nachweisen, daß Siliconabdrücke ein vom Abdruckalter abhängiges Dimensionsverhalten zeigen. Zunehmendes Abdruckalter bedingt eine zunehmende Vergrößerung der Abdruckhohlform und gleichzeitig zunehmende Verzerrung der Urform. Seine Messungen (36) über den Einfluß von

verschieden großen Wandstärken auf das Dimensionsverhalten von Siliconabdrücken ergaben, daß Abdrücke mit geringerer Wandstärke eine bessere Formtreue gegenüber dem Original besitzen als Abdrücke mit einer großen Wandstärke an Abdruckmasse. Dabei kommt es zur entsprechenden Verformung des Abdrucklumens. Sowohl HOFMANN und LUDWIG (24,25) wie auch BERGMANN und KÖRBER (5) haben verschiedene Untersuchungsreihen zum Dimensionsverhalten unternommen. Beim Erstabdruck ohne Korrektur stellten HOFMANN und LUDWIG (24,25) eine sehr hohe Abformgenauigkeit ohne Verzerrung fest. KÖRBER und BERGMANN (5) dagegen fanden, daß die nach diesem Verfahren hergestellten Gipskörper alle verformt und die Modelle größer als die Urform waren. Die Abweichungen beim Korrekturabdruck ohne gesonderte Abflußmöglichkeit lagen wesentlich höher, jedoch wurde bei HOFMANN und LUDWIG (24,25) die vertretbare Toleranzgrenze von 1 % nach EICHNER (12) nicht überschritten. Bei Maximalabweichungen von 0,7 % - 0,8 % waren bei HOFMANN und LUDWIG (24,25) die Abdrucklumina grundsätzlich kleiner. BERGMANN und KÖRBER (5) konnten diese Ergebnisse bestätigen. Werden Abflußrillen angebracht, kann man ein wesentlich besseres Ergebnis erzielen. HOFMANN und LUDWIG (24,25) fanden dabei elliptische Schrumpfungsdeformierungen. Bei BERGMANN und KÖRBER (5) waren die Gipskörper in allen Fällen in ähnlicher Weise verändert. In der Breite waren sie gegenüber dem Originalkörper verkleinert (0,8 % - 3,0 %) und in der Länge etwas vergrößert (0,006 % - 0,35 %). Mit Abstand das beste Ergebnis erzielten HOFMANN und LUDWIG (24) bei Benutzung von perforierten Löffeln. Auch LEHMANN und BURGDORF (42) bestätigten die obigen Ergebnisse, wenn sie sagen, daß nach Anbringen von Abflußrillen die erhaltenen Modellstümpfe weitgehend dem Originalmodell glichen. HOFMANN und LUDWIG (24) schlugen auch vor, anstelle von Abflußrillen mit einem Platzhalter zu arbeiten. Als Platzhalter und Retentionsmittel für Siliconabdrücke empfahl SCHWINDLING (64) die Benützung von Leinestreifen. Gute Ergebnisse, so HOFMANN und LUDWIG (24,25), waren auch dann

erzielbar, wenn der Erstabdruck nach der Grobpräparation genommen wurde.

Aus weiteren Untersuchungen von KÖRBER und LEHMANN (38), LEHMANN (39,40), GEHRE, HÄSSLER und KAPLAN (20), BERGER, MARXKORS und MEINERS (4) und in jüngster Zeit STACHNISS und KOLBOW (69) ist bekannt, daß Korrekturstümpfe vermittels Korrekturabdrücke zu schmal wiedergegeben werden können. GERATS (21) seinerseits hatte bei seinen Untersuchungen über eine modifizierte Anwendung der Doppelmischtechnik nach PRALORAN bei seinen Modellen sowohl Vergrößerungen als auch Verkleinerungen festgestellt. Das Problem der Einflüsse auf das Dimensionsverhalten von elastischen Abformmaterialien haben noch eine Reihe anderer Autoren wissenschaftlich abgehandelt, wobei sie das bereits gesagte weitgehend bestätigen konnten: EICHNER (12), REHBERG (52,53,54), SCHWICKERATH (59,60,62), STÜBEN (72), MEINERS (49,50), LENZ (44) und VOSS (74).

Alle bisher genannten Autoren haben ihre Untersuchungen an einem Phantomkörper durchgeführt. FUCHS und KOBES (19) waren die ersten, welche mit Phantommodellen mit mindestens drei nebeneinanderliegenden Kronenstümpfen arbeiteten. Die Stumpfmodelle zeigten dabei mehr oder weniger starke längsovale Verformungen. Die Ursache dafür konnte nicht geklärt werden. Untersuchungen, welche an Originalzähnen durchgeführt wurden, konnten nicht gefunden werden.

STACHNISS und KOLBOW (69) zeigten in einer Untersuchung die Fehlermöglichkeiten auf, welche beim Korrekturabdruckverfahren unterlaufen können. Sie sprechen von material- und verarbeitungsbedingten Fehlern und zeigen ihre Vermeidung auf.

Während die Literaturhinweise über kondensationsvernetztende Abformmaterialien reichhaltig sind (10,12,42,44) findet man über additionsvernetzende Abformmaterialien kaum Literaturangaben. SAPELLI, BRUSOTTI und FUMAGALLI (56) bezeichneten

in ihrer Untersuchung die additionsvernetzten Polysiloxane als eine neue Silikongeneration. Das Dimensionsverhalten dieser Materialien war "verblüffend gut". Vor allem diese Tatsache aber auch noch weitere Faktoren machen diese Abformmaterialien den kondensationsvernetzenden Materialien überlegen. Bei den von SAPELLI, BRUSOTTI und FUMAGALLI (56) untersuchten Polysiloxanen und Silikonen schnitt das President-Abdrucksystem am günstigsten ab.

In der Literatur sind zwei grundsätzlich verschiedene Meßverfahren zur Bestimmung der Dimensionsänderungen bei elastischen Abdrücken beschrieben. FINGER und LOCKOWANDT (13) sowie ILG (26-37) und SCHWINDLING (67) wählten das direkte Verfahren, d.h. sie vermaßen lichtoptisch allein den gewonnenen Abdruck bzw. die Abdruckhohlform. FINGER und LOCKOWANDT (13) kombinierten das optische Verfahren mit einer mathematischen Berechnung über einen Computer. ILG (27-37) maß seine Abdrücke über die Tiefenschärfelinie aus und die meßtechnische Aufzeichnung bei SCHINDLING (67) erfolgte masselos mit einem Spiegelkathetometer. ILG (26) seinerseits wählte noch ein anderes Verfahren. Er bestimmte die Quecksilbermenge und das Hg-Gewicht und errechnete über das spezifische Gewicht und der Untersuchungstemperatur das Volumen des Abdrucks.

Im Gegensatz zum direkten Verfahren werden bei der indirekten Methode aus den gewonnenen Abdrücken Modelle hergestellt und lichtoptisch vermessen. Anwendung fand dieses Verfahren bei verschiedenen Autoren (19,21,24,25,38,41,42,43,54,63,64, 66,69). HOFMANN und LUDWIG (24,25), KÖRBER und LEHMANN (38), LEHMANN und LANGE (41) und LEHMANN und BURGDORF (42) bevorzugten das Optimeter der Firma Carl Zeiss. STACHNISS und KOLBOW (69) wählten eine 3-Punkt-Meßanordnung. FUCHS und KOBES (19) machten ihre Untersuchung mit einer optischen Vermessungsmethode über Meßlehre und Mikroskop (MEISNER). GERATS (21) wählte ein Meßmikroskop der Firma Leitz, wobei mikroskopisch mit einer Art Fadenkreuz die Meßstrecke des

auf dem Objekttisch liegenden Prüfkörpers abgefahren und dabei vermessen wird. SCHWINDLING (63) berechnete das Modell nach dem Vermessen, während LENZ und WELKER (43) das Volumen des Modells über den Auftrieb bestimmten. Das Vergleichsmakroskop kam bisher in der Literatur nicht zur Anwendung.

3. MATERIAL UND METHODE

3.1. Welche Prüfkörper wurden benützt und was für Präparationsformen angewandt?

Die Untersuchung wurde an gut erhaltenen, extrahierten Zähnen vorgenommen. Sechs Prämolaren wurden mit diamantierten Schleifkörpern unter klinischen Bedingungen, Turbine mit Wasserkühlung, präpariert.
Je nach Präparationsart wurden unterschiedliche Schleifkörper ausgewählt.
Folgende Zahnpräparationen wurden gewählt:

1. Stufenpräparation
2. Stufenpräparation mit Abschrägung
3. Hohlkehlpräparation
4. Hohlkehlpräpatation mit Abschrägung
5. Schulterpräparation
6. Tangentialpräparation

Die Zahnpräparationen wurden nicht mehr geglättet und die Abschrägung mit einem Dura-White-Stein* durchgeführt .

Der Durchmesser der Zähne betrug in vestibulo-oraler Richtung im cervikalen Bereich ca. 6,4 mm, im occlusalen Bereich etwa 5,5 mm. In mesio-distaler Richtung wurden cervikal etwa 4,3 mm und occlusal 3,7 mm im Durchmesser gemessen.

3.2. Die Abdrucknahme

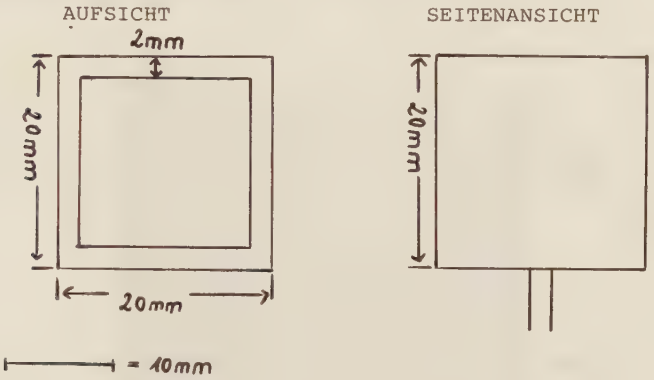
Zur Abdrucknahme war es nötig, die präparierten Zahnstümpfe zu sockeln. Zu diesem Zweck wurden 4 gleiche Sockelformen aus Metall hergestellt.

---

* Hersteller: Shofu Dental GmbH, Steinhauser Str. 1, D-4030 Ratingen - 8

Best.Nr.: 0244

Die Formen hatten folgende Abmessungen:
Kantenlänge 20 mm, Höhe 20 mm, Metallstärke 2 mm.

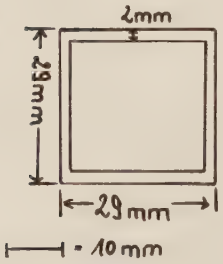


An der Grundplatte dieser Hohlformen war ein Vierkantstift angebracht, welcher für die Aufnahme in das Abdruckgerät diente. Die einvasilinierten Hohlformen wurden mit Kunststoff (Paladur farblos) aufgefüllt und die präparierten Zahnstümpfe eingebracht. Die Präparationsgrenzen lagen mindestens 1 - 1,5 mm über dem Kunststoff, so daß sie gut sichtbar waren. Für die Abdrucknahme wurden die gesockelten Zähne später in ihre dazugehörigen Hohlformen zurückgeführt (s.Abb. 1).

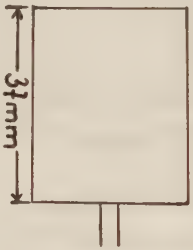
Um unter gleichen Bedingungen jederzeit reproduzierbare Abdrücke nehmen zu können, wurde für den Abformvorgang ein Parallelometer umgebaut. Auf der kreisrunden Bodenplatte dieses Gerätes wurde zentral über Schrauben ein Ständer befestigt, welcher zur Aufnahme der Sockelformer diente. Über eine seitliche Schraube wurden die Sockelformer, welche bis zum Anschlag auf der Halterung eingeführt wurden, festgeschraubt (s. Abb. 2 und Abb. 3).

Für die Abdrucknahme benützten wir 10 stilisierte Abdrucklöffel aus Stahl. Die Löffel besaßen folgende Abmessungen: Kantenlänge 29 mm, Höhe 37 mm, Wandstärke 2 mm (s. Abb. 2 und Abb. 3).

AUFSICHT



SEITENANSICHT



Die Löffel waren so beschaffen, daß die Wandstärke des Abformmaterials an allen Stellen mindestens 4 - 5 mm betrug. Über eine gefräßte Führung an der Halterungsvorrichtung für die Sockelformer sowie über den in vertikaler Richtung beweglichen Führungsstab des Parallelometers war eine exakte Einschubrichtung des Löffels bei der Abdrucknahme gewährleistet.

Über eine kreisrunde Scheibe am oberen Ende des Führungsstabes konnte der Löffel während der Abdrucknahme unter gleichem Druck bis zu einem Anschlag geführt werden.

Die Abdrücke wurden im Korrekturabdruckverfahren hergestellt. Der Korrekturabdruck stellt ein zweizeitiges Abdruckverfahren dar. Dabei besteht der Erstabdruck aus einem zähplastischen Silicon, welches im abgebundenen Zustand eine möglichst harte Konsistenz besitzen soll. Das dünnfließende Korrekturmaterial ist auf der gleichen chemischen Grundlage aufgebaut und verbindet sich mit dem Erstabdruck (19,23,40).

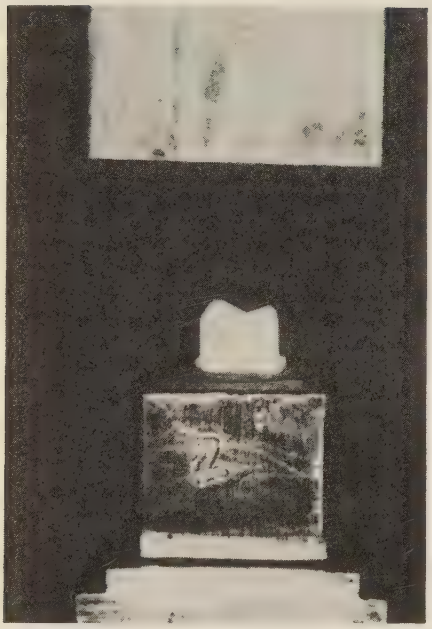


Abb. 1: Sockelform aus Metall mit eingestecktem, gesockelten Zahn.
Die Sockelform steckt bereits im Abdruckgerät. Teile des stilisierten Abdrucklöffels sind am oberen Bildrand gerade noch zu sehen.

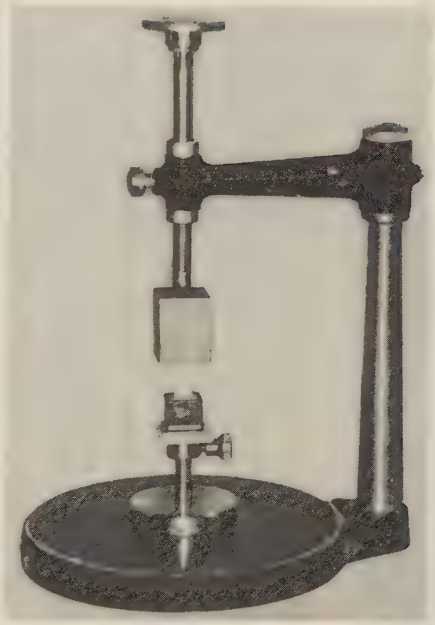


Abb. 2:

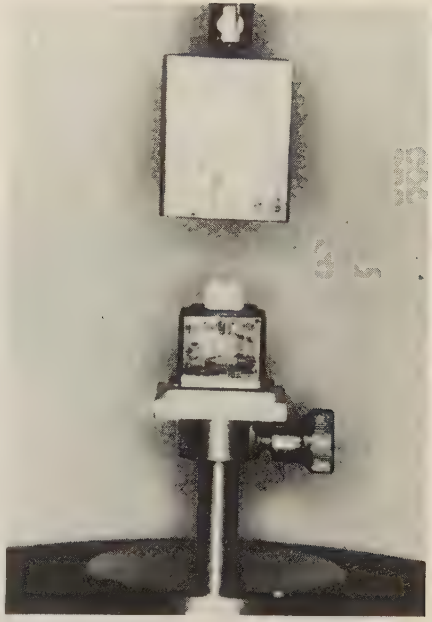


Abb. 3:

Das als Abdruckgerät umgebaute Parallelometer mit befestigter Sockelform aus Metall und darin eingesteckten gesockelten, präparierten Zahn. Über der Sockelform sieht man am Abdruckgerät befestigt den stilisierten Abdrucklöffel aus Metall.

Der hochvisköse Anteil dient zur Herstellung eines präzisen Vorabdrucks, der den größten Teil des abzuformenden Körpers bereits erfaßt haben soll. Zur Darstellung von Feinheiten und des Sulcus gingivae dient das niedrigvisköse Material. Dieses wird mit einer Spritze in geringer Menge in den Sulcus gingivalis eingebracht. Der Erstabdruck wird ebenfalls mit Korrekturmaterial beschickt und wieder auf den Zahnstumpf aufgesetzt. Durch die Stempelwirkung des Erstabdrucks wird das dünnflüssige Material am Zahnstumpf entlang gepreßt.

Auf der obigen Feststellung basierend wurde das hochvisköse Erstabdruckmaterial nach den Angaben des Herstellers angerührt und in den mit dem dazugehörigen Haftlack oder Haftspray beschichteten stilisierten Abdrucklöffel eingebracht und im Abformgerät befestigt. Danach wurde der Löffel entsprechend seiner exakten Vertikalführung in Richtung des abzuformenden Stumpfes bis zum Anschlag gedrückt. In dieser Stellung ließ man das Material abbinden. Die Abformung wurde langsam durchgeführt, damit das überschüssige Erstmaterial unterhalb des Löffels abfließen konnte. Nach Abnahme des Erstabdrucks brachte man 2 sich gegenüberliegende V-förmige Abflußrillen an, welche von kurz unterhalb der Okklusialfläche bis zum Löffelende reichten. Damit war gewährleistet, daß das Korrekturmaterial einen genügenden Abfluß hatte. Nach vorschriftsmäßigem Anrühren des niedrigviskösen Korrekturmaterials wurde einerseits mit einer Impregumspritze der abzuformende Stumpf umspritzt, andererseits der Erstabdruck mit etwas Korrekturmasse beschickt. Entsprechend der Erstabformung wurde nun die Korrektur der Abformung vorgenommen.

Sämtliche Abformungen wurden bei annähernd konstanter Zimmertemperatur von 23° C durchgeführt. Die Abdrucknahmen wurden mit kondensations- und additionsvernetzten Siliconmaterialien durchgeführt (s. Abb. 4 und Abb. 5).

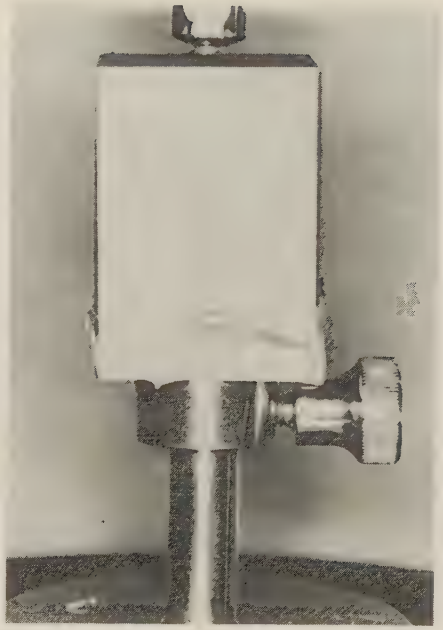


Abb. 4:

Situation kurz nach Beendigung des Abformvorganges. Der stilisierte Abdrucklöffel wurde mit Abdruckmaterial beschickt und über den abzuformenden Zahn geführt.

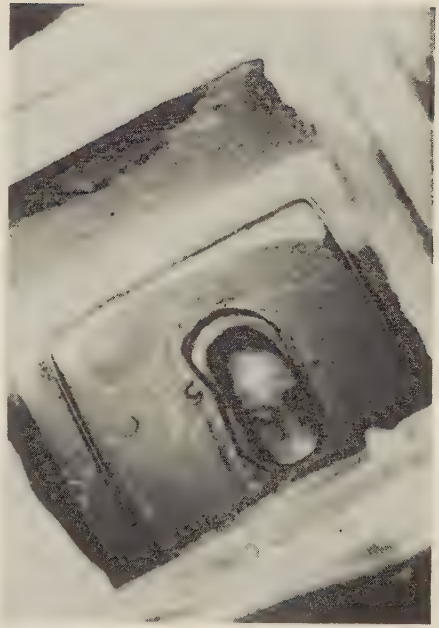


Abb. 5:

Die Korrekturabformung eines Prämolaren, der eine Stufenpräparation aufwies.

Diese bestehen im wesentlichen aus organischen Polydimethylsiloxan, einem Derivat des Siliziums, zusammengesetzten Elastomeren.
Sie schließen Sauerstoffatome und organische Gruppen ein.
Bei diesen Untersuchungen wurde sowohl mit kondensationsvernetzenden Silikonen, so mit Silaplast und Silasoft von Detax und mit Coltoflax und Coltex fine von Coltène, als auch mit President putty und President light body von Coltène als additionsvernetzendes Material gearbeitet.

Das Basispolymer der Kondensationsvernetzenden Silikone ist ein Polydimethylsiloxan. Dessen Katalysator besteht hauptsächlich aus Kieselsäureester. Bei der chemischen Reaktion findet keine Strukturveränderung statt. Sie wird von der Ausscheidung verdunstender oder unlöslicher Stoffe begleitet. Die Reaktion kann wie folgt zusammengefaßt werden:

$$A + B = C + E$$

Das Resultat dabei ist eine gewisse Schrumpfung. Bei additionsvernetzenden Silikonen dagegen ist das Basispolymer ein Polymethylvinylsiloxan und das Verbindungselement ein Polymethylhydrogensiloxan. Nach der Reaktion entsteht eine völlig neue Zusammensetzung, jedoch ohne Veränderung des Gewichts (6).

$$A + B = C$$

Von den 6 in Kunststoff gesockelten, verschieden präparierten Prämolarenzähnen wurden mit jeder Materialgruppe 5 Korrekturabdrücke genommen. Das ergab pro Materialgruppe 30 Abdrücke, insgesamt also 90 Korrekturabformungen.

3.3. Modellherstellung

Drei Stunden nach der Abdrucknahme wurden die gewonnenen Abdruckhohlformen mit einem Superhartgips (Super Die) ausgegossen, um die Modelle auf Dimensionsänderungen hin untersuchen zu können. Der Superhartgips wurde nach den Angaben des Herstellers verarbeitet. Bevor man die Modelle auswertete, wurden sie mindestens 6 Tage lang bei einer Raumtemperatur von ca. 23° C gelagert, um sicher zu gehen, daß der Gips selbst keinen Dimensionsänderungen mehr unterlag und daß er eine ausreichende Härte aufwies (s. Abb. 6-10).

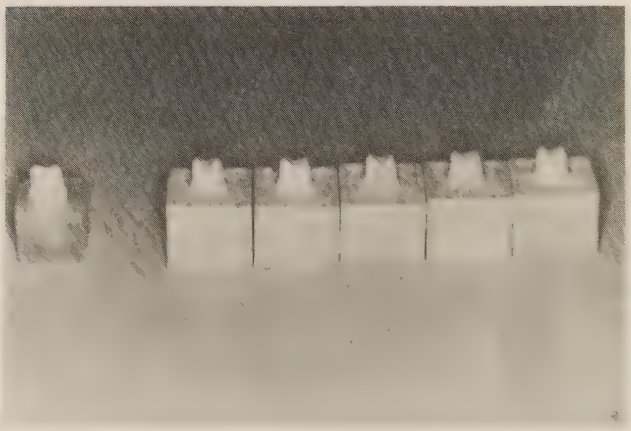


Abb. 6: Originalzahn der Hohlpräparation in Kunststoff gesockelt mit 5 über Korrekturabformungen hergestellten Gipsmodellen.

Abb. 7

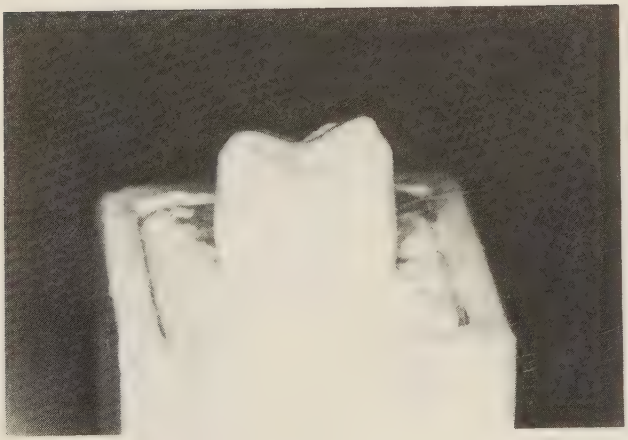


Abb. 8

Abb. 7 + 8: Tangentialpräparation:
Originalzahn in Kunststoff gesockelt
mit dazugehörigem Gipsmodell

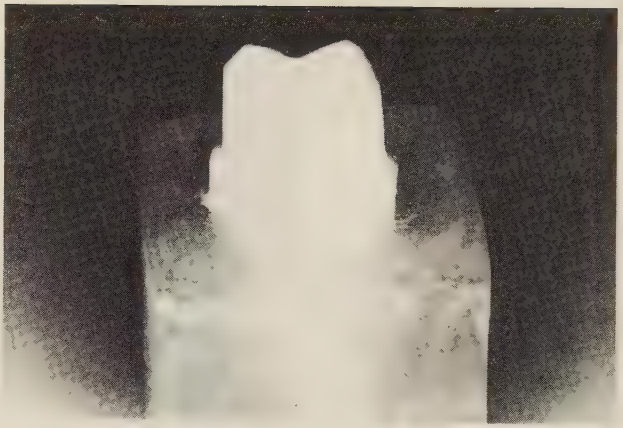


Abb. 9

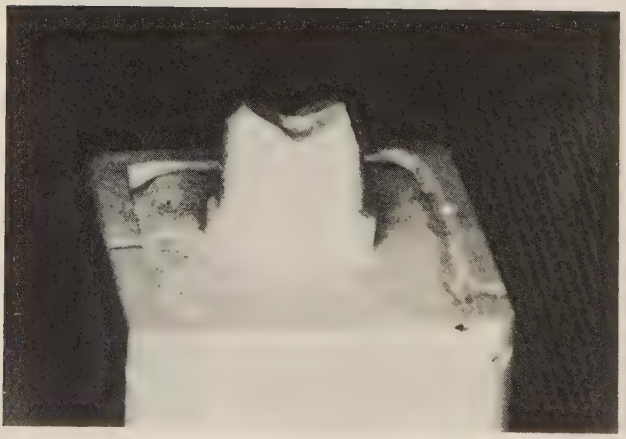


Abb. 10

Abb. 9 + 10: Hohlkehlpräparation:
Originalzahn in Kunststoff gesockelt
mit dazugehörigem Gipsmodell

3.4. Untersuchung im Vergleichsmakroskop

Die Untersuchung über die Dimensionsänderungen wurden mit einem Vergleichsmakroskop der Firma Leitz durchgeführt. Dieses kann überall dort eingesetzt werden, wo Objekte im Auflicht verglichen und photographiert werden sollen. Sein Hauptanwendungsgebiet ist die Kriminalistik (Untersuchung von Geschossen, Patronenhülsen, Werkzeugspuren usw.). Im binokularen Phototubus des Vergleichsmakroskops kann je eine Sehhälfte ausgeblendet werden. In der linken Sehhälfte erscheint dann das Teilbild des linken Objektes, in der rechten das des rechten Objektes. Zum exakten Vergleich werden die interessierenden Strukturen durch Verschieben der Objekte an der Trennlinie des Halbfeldes nebeneinandergelegt. Bei ausgeschalteten Halbblenden überlagern sich die Bilder der beiden Objekte. Für unsere Untersuchungszwecke haben wir uns für diese Möglichkeit des Bildvergleichs entschieden. Unterschiedliche Objektstrukturen können in diesem Mischbild durch Einschalten zweier komplementärer Filter farbig differenziert werden.

Das Vergleichsmakroskop besteht aus dem Stativ, den beiden angesetzten Objekttischen mit der Höhenverstellung, der Vergleichsbrücke mit den beiden Objektrevolvern, dem aufgesetzten Tubus sowie der Beleuchtungseinrichtung und der photographischen Kamera. Das Stativ setzt sich aus der Grundplatte mit der Doppelsäule und der Trägerschiene zusammen. Sie trägt die Vertikalverstellung für die Vergleichsbrücke und die Prismenschiene zur Aufnahme der Balkenkamera. An den beiden Seiten der Grundplatte sind die Vertikalverstellungen für die Objekttische angebracht. Kernstück des Vergleichsmakroskops ist die Vergleichsbrücke. Sie hat die Aufgabe, die von beiden Objektiven entworfenen Bilder in der Zwischenbildebene zu vereinigen. An jeder Seite der Brücke befinden sich die in Schlittenwechslungen angeordneten Objektivrevolver für vier Objektive. Auf der Vergleichsbrücke sitzt der auswechselbare binokulare

Phototubus mit selbsttätigem Schärfenausgleich. Die beiden um 360° drehbaren Objekttische mit 77 mm Durchmesser sind seitlich an der Grundplatte des Stativs angebracht. Für die photographische Darstellung unserer Ergebnisse befestigten wir auf dem Vergleichsmakroskop eine LEICA-KAMERA (s. Abb. 11).

Um nun die beiden Objekte vergleichen zu können, war es nötig, diese exakt gleich im Raum zu orientieren und für beide einen gemeinsamen Punkt zu finden, anhand dessen beide Objekte in Übereinstimmung gebracht werden konnten. Für die Raumorientierung wurde für jeden Objekttisch eine Anlegehilfe konstruiert.

Skizze der Anlegehilfe mit zentrierten Bohrungen

Beide Objekttische mußten räumlich exakt zueinander orientiert werden. Die auf ihnen befindlichen Fadenkreuze wurden optisch so in Übereinstimmung gebracht, daß sich die senkrecht aufeinanderstehenden Geraden bei Bewegungen der Tische nicht auseinanderbewegten. War eine solche Position hergestellt, wurden beide Tische in dieser Stellung fixiert.

Die Sockel (Originalzahn im Kunststoff und Sockelform aus Metall und Modellsockel aus Gips) wurden nun mit ihren Kanten an die Anlegehilfe angelegt und zwar so, daß beide Zähne dieselbe Projektionsrichtung besaßen. Nun wurde jedes Objekt für sich mit der richtigen Tiefenschärfe fokusiert (s. Abb. 12 u. 13).

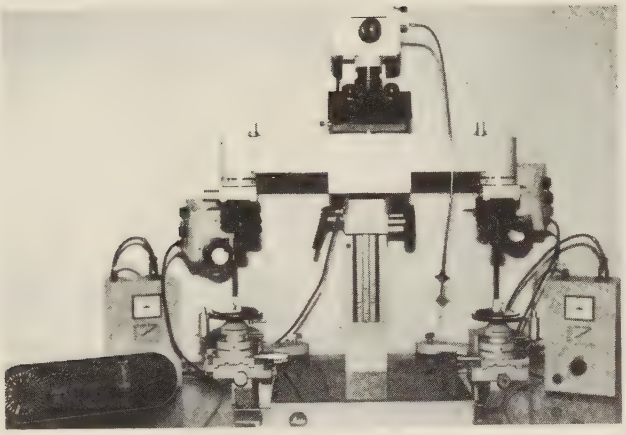


Abb. 11: Das Vergleichsmakroskop, welches aus dem Stativ, der Vergleichsbrücke mit den beiden Objektrevolvern, den beiden angesetzten Objekttischen mit der Höhenverstellung, dem aufgesetzten Tubus sowie der Beleuchtungseinrichtung besteht. Die aufgesetzte Kamera ist auf dem Bild nicht dargestellt. Die zu vergleichenden Objekte liegen auf den Objekttischen.

Als Nullpunkt wurden die beiden linken Präparationsgrenzen festgelegt. Beide Objekttische wurden so lange bewegt, bis beide sich entsprechende Punkte im vergleichsmakroskopischen Bild übereinander projeziert waren. Alle Dimensionsänderungen wurden ausgehend von diesem Bezugspunkt bestimmt. Durch die Anwendung der oben erwähnten Farbfilter rot und grün konnten alle Bereiche, welche miteinander übereinstimmten in einer Mischfarbe dargestellt werden, während Bereiche die größer oder kleiner waren, den Farben rot oder grün im makroskopischen Bild zuzuordnen waren. War der Originalzahn größer, wurde dieser Bereich in roter Farbe wiedergegeben, war der Modellstumpf größer, konnte man ihm die grüne Farbe zuordnen.

Abb. 12

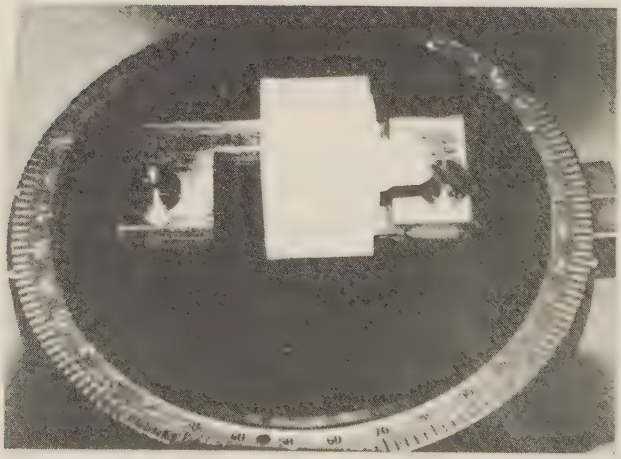


Abb. 13

Abb. 12 + 13: Die Objekttische mit den auf ihnen festgeschraubten Anlegehilfen für die gemeinsame Raumorientierung für Original- u. Modellstumpf. Originalstumpf im Metallsockel und entsprechender Gipsstumpf sind an den Anlegehilfen mit ihren Kanten angelegt.

Die makroskopischen Bilder wurden fotographiert und die ermittelte Richtung der Dimensionsänderungen schriftlich festgehalten. Die Schwarz-Weiß-Bilder wurden später unter Zuhilfenahme dieser schriftlichen Protokolle ausgewertet. Jedes Gipsmodell wurde zusammen mit seinem Original in 2 Projektionsrichtungen ausgewertet, einer mesio-distalen, welche den Zahn in seiner Approximalansicht zeigte, und einer bucco-oralen, welche den Zahn in seiner Buccalansicht erscheinen ließ. Auf diese Weise erhielt man 90 Bilder von der Approximalansicht und 90 Bilder von der Buccalansicht der Zähne (s. Abb. 14 und 15).

3.5. Die Auswertung über das Schwarz-Weiß-Bild

Die endgültige Auswertung erfolgte über die gewonnenen Bilder. Hiervon wurden für jede Präparationsform Raster entworfen, die jeweils auf die entsprechende Abbildung der Serie 1 - 5 einer Präparationsart aufgelegt wurden. An allen 5 Bildern wurden gleich markante und konstant auftauchende Punkte markiert. Auf eine darübergelegte Overheadfolie wurden die Punkte der Bilder übernommen. Durch diese Punkte wurde ein senkrecht aufeinanderstehendes Rastersystem gezogen, so, daß man sieben waagrechte Geraden und vier senkrechte Geraden erhielt. Diese Geraden schnitten die Zahnstümpfe auf den Aufnahmen in 18 Meßpunkten. Über die Meßpunkte 0 - 6 konnten die Abweichungen rechts abgelesen werden, von 7 - 13 diejenigen links und über die Punkte 14 - 17 die Dimensionsänderungen occlusal. Da jedoch die linke Präparationsgrenze als Bezugspunkt (Nullpunkt) für beide Objekte gewählt wurde, waren erwartungsgemäß die größten Abweichungen auf der rechten Seite der Stümpfe.

Dieses Raster wurde wurde nun nacheinander entsprechend den eingezeichneten Punkten auf die Aufnahmen 1 - 5 angelegt und die Dimensionsabweichungen abgelesen. Sie wurden in Mikrometer angegeben. Die Ergebnisse wurden in Tabellen und Schaubildern festgehalten (s. Abb. 16).

Abb. 14

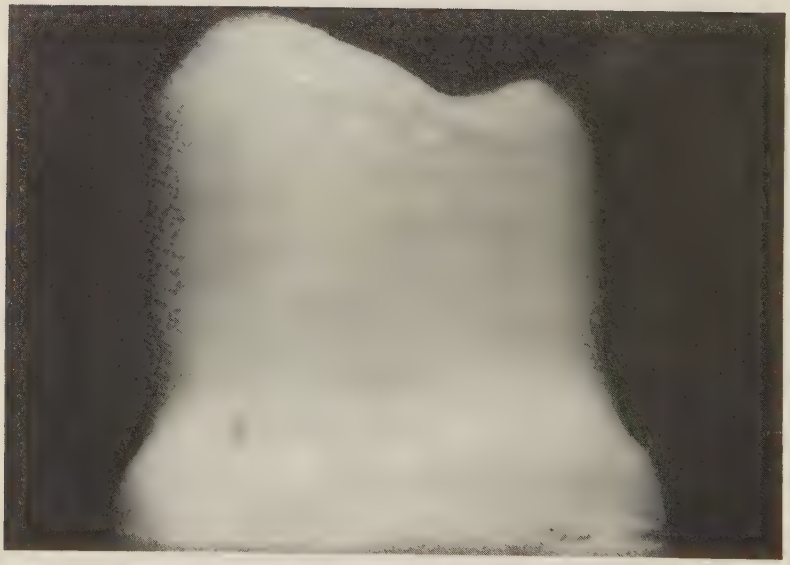


Abb. 15

Abb. 14 + 15: Die Fotographien der übereinprojezierten Original- und Modellstümpfe. Die Doppelkontur um den stark hervortretenden Stumpf bedeutet die Dimensionsänderung zwischen Original und Gipsmodell. Die Stümpfe zeigen ihre Approximalansicht.

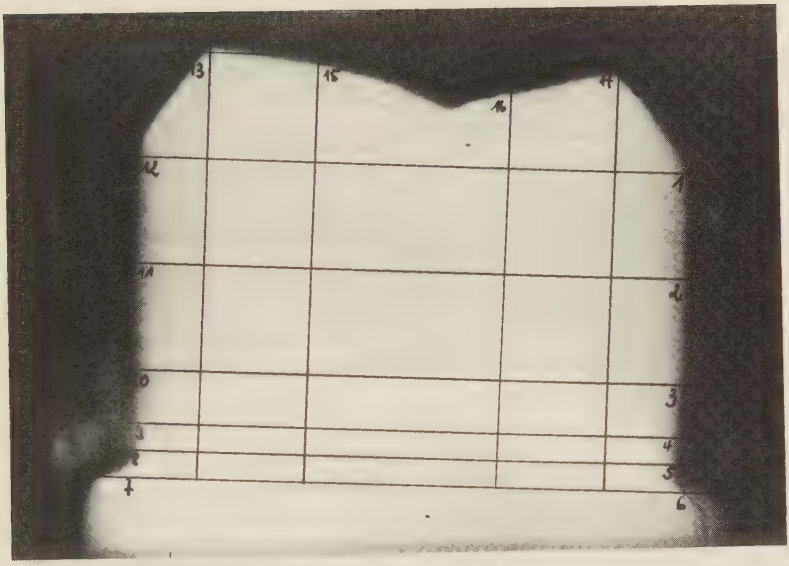


Abb. 16: Das Raster für den in Abbildung 14 dargestellten Zahnstumpf.
Die Linien des Rasters schneiden den Zahnstumpf in 18 Punkten.
Punkt 0 - 6: rechte Abweichungen,
Punkt 7 - 13: linke Abweichungen,
Punkt 14 - 17: occlucale Abweichungen.

4. ERGEBNISSE

4.1. Auswertbarkeit

Von den angefertigten 180 Schwarz-Weiß-Bildern waren 150 auswertbar, dies sind ca. 88 %. Bei diesen ausgewerteten Bildern konnten einzelne Meßpunkte nicht ausgewertet werden. Von den insgesamt 3 240 Meßpunkten, welche auf den Bildern festgelegt wurden, waren 697 (ca. 22 %) nicht auswertbar. Darin sind allerdings auch die nicht auswertbaren Fotografien enthalten.

4.2. Der Einfluß des Materials auf die Ergebnisse

Nur bei der Materialkombination Silaplast/Silasoft der Firma Detax lagen die Dimensionsabweichungen der Modellstümpfe gegenüber den Originalzahnstümpfen im positiven Bereich. Alle Gipsmodelle waren also gegenüber dem Original vergrößert. Dagegen konnte man bei den Abdruckmaterialien Coltoflax/Coltex fine und President putty/light body der Firma Coltène sowohl negative als auch positive Dimensionsänderungen feststellen. Während bei den Materialien Coltoflax/Coltex fine die negativen Dimensionsabweichungen (die Gipsmodelle waren kleiner als die Originale) überwogen, waren andererseits die positiven Abweichungen in der President-Reihe zahlenmäßig größer.

Errechnet man aus den Dimensionsabweichungen aller fünf zusammengehöriger Modellstümpfe jeder Präparationsmethode einen Mittelwert, so schwanken die Abweichungen bei Silaplast und Silasoft für die Buccal- und Approximalansicht der Stümpfe zwischen + 9 µm (0,18 % lin.) und + 93 µm (1,86 % lin.). Bei Coltoflax/Coltex fine lagen die Abweichungen bei ± 5 µm (0,1 % lin.) bis ± 54 µm (1,08 % lin.). President putty und ligth body zeigten Dimensionsabweichungen von

± 4 µm (0,08 % lin.) bis ± 26 µm (0,52 % lin.). President putty und light body erbringt aus dieser Sicht die besten Ergebnisse, gefolgt von Coltoflax/ Coltex fine und Silaplast/Silasoft.

Auffällig bei der Silaplast/Silasoft-Serie war, daß die Dimensionsabweichungen, welche von der Buccalansicht aus gemessen wurden, etwa bei 16 % - 23 % der Werte lagen, welche man für die Approximalansicht erhielt. Der Wert für die Buccalansicht bei der Tangentialpräparation lag mit 74 % des Abweichungswertes für die Approximalansicht außerhalb der o.g. Ergebnisse. Die Buccalansicht der Hohlkehlpräparation war nicht auswertbar. Eine solche Regelmäßigkeit konnte in der Coltoflax/Coltex fine-Serie sowie in der President-Serie nicht verifiziert werden. Die Dimensionsabweichungen, welche von der Buccalansicht aus gemessen wurden, waren hier sowohl kleiner als auch größer als die für die Approximalansicht gemessenen Werte. Die beiden letztgenannten Abdruckmaterialreihen bieten dafür aber eine schlechte Vergleichsmöglichkeit, da sowohl bei der Coltoflax/Coltex fine-Serie als auch der President-Serie jeweils nur 3 verschiedene Präparationsstümpfe mit den dazugehörigen Buccal- bzw. Approximalansichten ausgewertet und somit zum Vergleich herangezogen werden konnten.

Betrachtet man die seitlichen und occlusalen Abweichungen getrennt und stellt diese einander gegenüber, so stellt man für die Silaplast/Silasoft-Serie fest, daß die occlusalen Dimensionsabweichungen überwiegend größer waren als die seitlichen Größenunterschiede. Die Stufenpräparation mit Abschrägung und die Tangentialpräparation bildeten hier eine Ausnahme. Bei beiden Präparationsarten waren die occlusalen Abweichungen kleiner als die seitlichen. Die Abdruckserie Coltoflax/Coltex fine zeigte, daß bei allen Präparationsarten die occlusalen Abweichungen größer als die seitlichen Größenunterschiede waren. Die Hohlkehlpräparation zeigte zwar gleich große Abweichungen seitlich

und occlusal, beide jedoch mit anderen Vorzeichen. Bei der President-Serie waren die occlusalen Abweichungen immer größer. Grundsätzlich kann festgestellt werden, daß Dimensionsabweichungen occlusal fast immer und bei allen untersuchten Materialien größer als die seitlichen Abweichungen waren.

Die Stumpfdiagramme zeigen für die Materialien Silaplast und Silasoft sehr starke Verzerrungen und die größten Abweichungen. Dabei sind die Verzerrungen und Abweichungen für die Buccalansicht geringer als für die Approximalansicht. Die Modellstümpfe der Coltoflax/Coltex fine-Serie weisen geringere Verzerrungen (und auch Abweichungen) auf. Ein noch besseres Ergebnis findet man bei President putty/President light body. Neben den geringsten Verformungen stellt man hier auch noch die geringsten Dimensionsänderungen fest (s. Abb. 23-28).

4.3. Der Einfluß der Präparationsform auf die Ergebnisse (vgl. Tabelle 1)

4.3.1. Abweichung aller 5 Stümpfe einer Präparationsform

4.3.1.1. Silaplast/Silasoft

4.3.1.1.1. Approximalansicht

Die geringsten Abweichungen waren bei der Stufenpräparation mit + 55,8 µm (1,12 % lin.) nachweisbar. Das schlechteste Ergebnis von + 93,5 µm (1,87 % lin.) erzielte die Stufenpräparation mit Abschrägung. Zwischen diesen Werten lagen die Hohlkehlpräparation mit + 57,1 µm (1,14 % lin.), die Schulterpräparation mit + 61,0 µm (1,22 % lin.), die Tangentialpräparation mit + 67,8 µm (1,36 % lin.) und die Hohlkehlpräparation mit Abschrägung mit + 75,3 µm (1,51 % lin.).

4.3.1.1.2. Buccalansicht

Hier zeigte die Stufenpräparation mit + 9,2 µm (0,18 % lin.) die geringsten Abweichungen. In steigender Tendenz folgen die Schulterpräparation mit + 14,0 µm (0,28 % lin.), die Hohlkehlpräparation mit Abschrägung mit + 14,5 µm (0,29 % lin.), die Stufenpräparation mit + 16,4 µm (0,33 % lin.) und die Tangentialpräparation mit + 50,4 µm (1,01 % lin.). Die Hohlkehlpräparation war nicht auswertbar.

4.3.1.2. Coltoflax/Coltex fine

4.3.1.2.1. Approximalansicht

Die Hohlkehlpräparation erbrachte mit + 5 µm (0,1 % lin.) die geringsten Abweichungen gefolgt von der Tangentialpräparation mit + 7,0 µm (0,14 % lin.), der Stufenpräparation mit - 8,5 µm (0,17 % lin.) und der Hohlkehlpräparation mit - 20,7 µm (0,42 % lin.). Die Schulterpräparation zeigte mit + 53,3 µm (1,07 % lin.) das schlechteste Ergebnis. Die Stufenpräparation mit Abschrägung war nicht auswertbar.

4.3.1.2.2. Buccalansicht

Die Schulterpräparation wies mit - 22,2 µm (0,44 % lin.) das beste Ergebnis auf. Es folgten die Stufenpräparation mit + 24,2 µm (0,48 lin.), die Stufenpräparation mit Abschrägung mit - 30,6 µm (0,61 % lin.) und die Hohlkehlpräparation mit - 53,9 µm (1,08 % lin.). Die Tangential- und Hohlkehlpräparation konnten nicht ausgewertet werden.

4.3.1.3. President putty/President light body

4.3.1.3.1. Approximalansicht

Die geringsten Abweichungen konnten bei der Tangentialpräparation mit - 13,7 µm (0,27 % lin.) gemessen werden, gefolgt von der Hohlkehlpräparation mit + 14,8 µm (0,30 % lin.), der Stufenpräparation mit + 16,5 µm (0,33 % lin.) und der Stufenpräparation, mit dem schlechtesten Ergebnis, von + 20,7 µm (0,42 % lin.) Die Schulter- und die Hohlkehlpräparation mit Abschrägung waren nicht auswertbar.

4.3.1.3.2. Buccalansicht

Die Stufenpräparation mit Abschrägung wies mit - 4,0 µm (0,08 % lin.) das beste Resultat auf. Weiter folgten mit + 4,8 µm (0,1 % lin.) die Stufenpräparation und mit - 26,7 µm (0,53 % lin.) die Tangentialpräparation. Sowohl die Hohlkehlpräparation und die Hohlkehlpräparation mit Abschrägung wie auch die Schulterpräparation waren nicht auswertbar.
Siehe dazu auch Tabelle 1 sowie Abbildungen 17 - 19 und Abbildungen 23 - 28.

Tabelle 1: Abweichung aller 5 Stümpfe einer Präparationsform geordnet nach der Rangfolge (vgl. Kap. 4.3.1.)

Rang	Approximalansicht (I)	Buccalansicht (II)	Gesamtergebnis (I + II)
1.	Hohlkehlpräparation	Stufenpräparation	Stufenpräparation
2.	Stufenpräparation/ Tangentialpräparation	Stufenpräparation mit Abschrägung	Tangentialpräparation
3.	Schulterpräparation	Schulterpräparation	Schulterpräparation/Stufenpräparation mit Abschrägung
4.	Hohlkehlpräparation mit Abschrägung	Hohlkehlpräparation mit Abschrägung	Hohlkehlpräparation
5.	Stufenpräparation mit Abschrägung	Tangentialpräparation (Hohlkehlpräparation n.a.)	Hohlkehlpräparation mit Abschrägung

n.a. = nicht auswertbar

ABWEICHUNG DER MODELLSTÜMPFE FÜR DIE
ABFORMUNG MIT SILAPLAST/SILASOFT

Abb. 17: Dargestellt sind die Mittelwerte der Abweichungen aller 5 Modellstümpfe je einer Präparationsform bei der Korrekturabformung mit Silaplast/Silasoft und die Standardabweichung.

1 mm ≙ 1 µm

SA = Stufenpräparation mit Abschrägung
SCH = Schulterpräparation
HA = Hohlkehlpräparation mit Abschrägung
T = Tangentialpräparation
ST = Stufenpräparation
HO = Hohlkehlpräparation

ABWEICHUNG DER MODELLSTÜMPFE FÜR DIE
ABFORMUNG MIT COLTOFLAX/COLTEX FINE

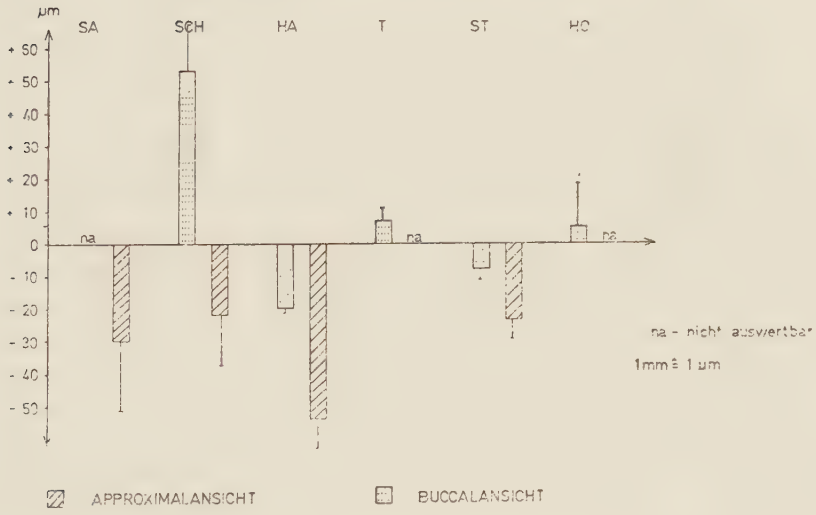


Abb. 18: Dargestellt sind die Mittelwerte der Abweichungen aller 5 Modellstümpfe je einer Präparationsform bei der Korrekturabformung mit Coltoflax/Coltex fine und die Standardabweichung.

1 mm ≙ 1 µm

SA = Stufenpräparation mit Abschrägung
SCH = Schulterpräparation
HA = Hohlkehlpräparation mit Abschrägung
T = Tangentialpräparation
ST = Stufenpräparation
HO = Hohlkehlpräparation

ABWEICHUNG DER MODELLSTÜMPFE FÜR DIE ABFORMUNG
MIT PRESIDENT PUTTY/PRESIDENT LIGHT BODY

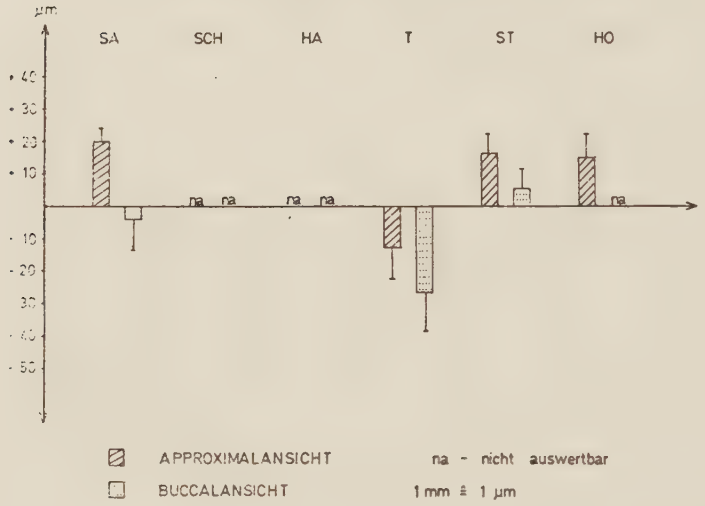


Abb. 19: Dargestellt sind die Mittelwerte der Abweichungen aller 5 Modellstümpfe je einer Präparationsform bei der Korrekturabformung mit President putty/President light body und die Standardabweichung.

1 mm ≙ 1 µm

SA = Stufenpräparation mit Abschrägung
SCH = Schulterpräparation
HA = Hohlkehlpräparation mit Abschrägung
T = Tangentialpräparation
ST = Stufenpräparation
HO = Hohlkehlpräparation

4.3.2. Vergleich der occlusalen und seitlichen Abweichungen

Betrachtet man die Ergebnisse aus allen 3 Materialkombinationen, so stellt man fest, daß in der Regel die occlusalen Abweichungen z.T. sogar erheblich größer waren als die seitlichen Abweichungen. Nur die Stufenpräparation mit Abschrägung machte hier eine Ausnahme.
In der Buccalansicht erzielte sie mit einer durchschnittlichen occlusalen Abweichung von 0,32 % lin. die besseren Werte gegenüber den seitlichen Abweichungen von 0,35 % lin. Dies kann aber als Zufallsergebnis angesehen werden.
Die seitlichen Dimensionsabweichungen lagen größtenteils noch unter 1 % lin., während die occlusalen Abweichungen oft über 1 % lin. lagen. Die größten Dimensionsabweichungen hier konnten bei der Schulterpräparation mit durchschnittlich 2,23 % lin. ermittelt werden. Doch dies kann als zu hoch betrachtet werden. Die occlusalen Dimensionsabweichungen schwankten zwischen 0,1 % lin. und 2,5 % lin., die seitlichen Differenzen zwischen 0,0 % lin. und 2 % lin.

Die seitlichen Dimensionsabweichungen der Approximalansicht lagen z.T. deutlich höher als die seitlichen Differenzen der Buccalansicht. Die Schulterpräparation zeigte dabei in der Approximalansicht mit 0,33 % lin. die geringsten Dimensionsabweichungen, während die Stufenpräparation mit Abschrägung mit 1,16 % lin. durchschnittlich die größten Abweichungen aufwies. Mit durchschnittlich 0,17 % lin. zeigte die Stufenpräparation ein deutlich besseres Ergebnis in Buccalansicht gegenüber der Tangentialpräparation mit durchschnittlich 0,79 % lin.

In Approximalansicht waren occlusal Schwankungen zwischen der Hohlkehlpräparation mit 0,73 % lin. bis zur Schulterpräparation mit 2,23 % lin. nachweisbar. In Buccalansicht waren die Schwankungen geringer, so für die Stufenpräparation

mit Abschrägung 0,32 % lin. und die Hohlkehlpräparation mit Abschrägung 1,33 % lin. Die übrigen Präparationsformen lagen zwischen diesen Werten.

Bei Betrachtung aller Abweichungen, sowohl der occlusalen als auch der seitlichen wie auch aus Approximal- und Buccalansicht, ist festzustellen, daß die Stufenpräparation und die Hohlkehlpräparation die geringsten Dimensionsabweichungen aufwiesen (Tabelle 2 - 4).

Es muß aber bemerkt werden, daß in jeder Präparationsserie geringe wie auch größere Abweichungen gemessen werden konnten, so daß zwischen den einzelnen Präparationsarten keine signifikanten Unterschiede bestehen.

Daraus kann geschlossen werden, daß bei der Korrekturabformung präparierter Pfeilerzähne die Präparationsart keinen entscheidenden Einfluß auf die Dimensionsabweichungen des Modellstumpfes vom Zahnstumpf besitzt (Tabelle 2 - 4, Abbildungen 20 - 22 und Abbildungen 23 - 28).

Tabelle 2: Einzelergebnisse aus der Abformserie mit Silaplast/Silasoft geordnet nach Rangfolge

Rang	Approximalansicht		Buccalansicht	
	seitliche Abweichungen	occlusale Abweichungen	seitliche Abweichungen	occlusale Abweichungen
1.	Schulterpräparation 5,7 µm (0,1 % lin.)	Tangentialpräparation 65,0 µm (1,3 % lin.)	Schulterpräparation 4,0 µm (0,1 % lin.)	Stufenpräparation mit Abschrägung 3,3 µm (0,1 % lin.)
2.	Hohlkehlpräparation 54,7 µm (1,1 % lin.)	Hohlkehlpräparation 82,2 µm (1,65 % lin.)	Hohlkehlpräparation 9,9 µm (0,2 % lin.)	Stufenpräparation 17,5 µm (0,35 % lin.)
3.	Hohlkehlpräparation mit Abschrägung 67,7 µm (1,4 % lin.)	Stufe mit Abschrägung 88,3 µm (1,80 % lin.)	Stufenpräparation 6,7 µm (0,1 % lin.)	Stufenpräparation 29,6 µm (0,60 % lin.)
4.	Tangentialpräparation 68,1 µm (1,4 % lin.)	Stufenpräparation 90,0 µm (1,80 % lin.)	Stufenpräparation mit Abschrägung 18,1 µm (0,4 % lin.)	Hohlkehlpräparation mit Abschrägung 37,3 µm (0,63 % lin.)
5.	Stufenpräparation 72,8 µm (1,5 % lin.)	Hohlkehlpräparation mit Abschrägung 100,0 µm (2,00 % lin.)	Tangentialpräparation 50,2 µm (1,0 % lin.)	Tangentialpräparation 44,2 µm (0,88 % lin.)
6.	Stufenpräparation mit Abschrägung 98,3 µm (2 % lin.)	Schulterpräparation 126,7 µm (2,5 % lin.)	Hohlkehlpräparation nicht auswertbar	Hohlkehlpräparation n.a.

n.a. = nicht auswertbar

Tabelle 3: Einzelergebnisse aus der Abformserie mit Coltoflax/Coltex fine geordnet nach Rangfolge

Rang	Approximalansicht		Buccalansicht	
	seitliche Abweichungen	occlusale Abweichungen	seitliche Abweichungen	occlusale Abweichungen
1.	Tangentialpräparation 0,0 µm (0 % lin.)	Hohlkehlpräparation - 6,7 µm (0,13 % lin.)	Stufenpräparation - 18,9 µm (0,38 % lin.)	Stufenpräparation mit Abschrägung - 35,8 µm (0,72 lin.)
2.	Stufenpräparation 1,4 µm (0,03 % lin)	Tangentialpräparation 31,7 µm (0,63 % lin.)	Schulterpräparation - 21,4 µm (0,43 % lin.)	Stufenpräparation - 39,5 µm (0,79 % lin.)
3.	Hohlkehlpräparation 6,4 µm (0,13 % lin.)	Hohlkehlpräparation mit Abschrägung - 38,8 µm (0,78 % lin.)	Stufenpräparation mit Abschrägung - 29,3 µm (0,59 % lin.)	Schulterpräparation - 41,7 µm (0,83 % lin.)
4.	Hohlkehlpräparation mit Abschrägung - 16,0 µm (0,32 % lin.)	Stufenpräparation - 43,3 µm (0,87 % lin.)	Hohlkehlpräparation mit Abschrägung - 40,2 µm (0,8 % lin.)	Hohlkehlpräparation mit Abschrägung - 101,7 µm (2,03 % lin.)
5.	Schulterpräparation 28,1 µm (0,56 % lin.)	Schulterpräparation 97,5 µm (1,95 % lin.)	Tangentialpräparation n.a.	Tangentialpräparation n.a.
6.	Stufenpräparation mit Abschrägung n.a.	Stufenpräparation mit Abschrägung n.a.	Hohlkehlpräparation n.a.	Hohlkehlpräparation n.a.

n.a. = nicht auswertbar

Tabelle 4: Einzelergebnisse aus der Abformserie mit President putty/light body geordnet nach Rangfolge

Rang	Approximalansicht		Buccalansicht	
	seitliche Abweichungen	occlusale Abweichungen	seitliche Abweichungen	occlusale Abweichungen
1.	Tangentialpräparation - 8,6 µm (0,17 % lin.)	Hohlkehlpräparation 20,1 µm (0,40 % lin.)	Stufenpräparation 1,6 µm (0,03 % lin.)	Stufenpräparation mit Abschrägung 6,7 µm (0,13 % lin.)
2.	Hohlkehlpräparation 12,6 µm (0,25 % lin.)	Stufenpräparation 25,8 µm (0,52 % lin.)	Stufenpräparation mit Abschrägung 3,0 µm (0,06 % lin.)	Stufenpräparation 11,7 µm (0,23 % lin.)
3.	Stufenpräparation 13,8 µm (0,28 % lin.)	Tangentialpräparation - 31,7 µm (0,63 % lin.)	Tangentialpräparation - 28,3 µm (0,57 % lin.)	Tangentialpräparation - 37,5 µm (0,75 % lin.)
4.	Stufenpräparation mit Abschrägung 16,2 µm (0,32 % lin.)	Stufenpräparation mit Abschrägung 36,7 µm (0,73 % lin.)	Hohlkehlpräparation n.a.	Hohlkehlpräparation n.a.
5.	Hohlkehlpräparation mit Abschrägung n.a.	Hohlkehlpräparation mit Abschrägung n.a.	Hohlkehlpräparation mit Abschrägung n.a.	Hohlkehlpräparation mit Abschrägung n.a.
6.	Schulterpräparation n.a.	Schulterpräparation n.a.	Schulterpräparation n.a.	Schulterpräparation n.a.

n.a. = nicht auswertbar

SEITLICHE UND OCCLUSALE ABWEICHUNG DER MODELLSTÜMPFE
FÜR DIE ABFORMUNG MIT SILAPLAST/SILASOFT

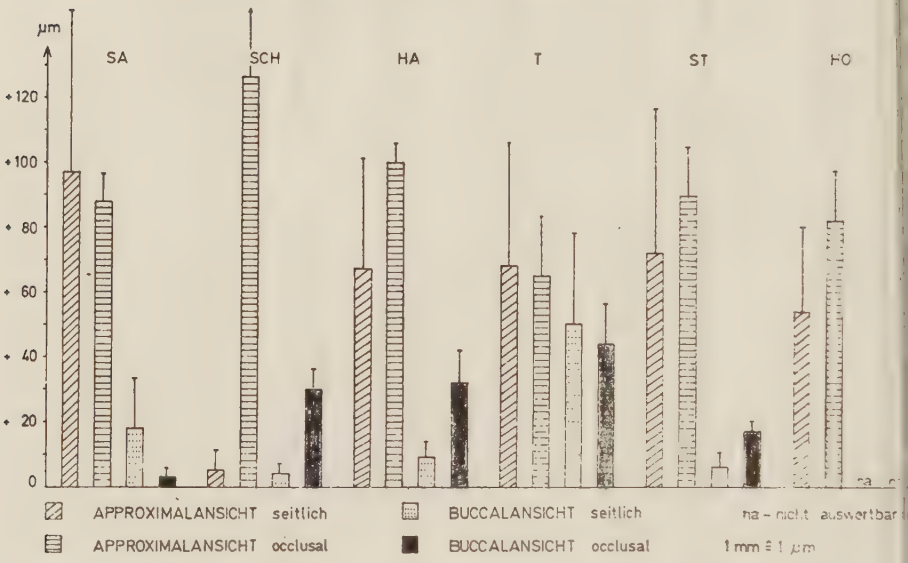


Abb. 20: Seitliche und occlusale Abweichung der Modellstümpfe für die Abformung mit Silaplast/Silasoft und Standardabweichung.
1 mm ≙ 1 µm

SA = Stufenpräparation mit Abschrägung
SCH = Schulterpräparation
HA = Hohlkehlpräparation mit Abschrägung
T = Tangentialpräparation
ST = Stufenpräparation
HO = Hohlkehlpräparation

SEITLICHE UND OCCLUSALE ABWEICHUNG DER MODELLSTÜMPFE
FÜR DIE ABFORMUNG MIT COLTOFLAX/COLTEX FINE

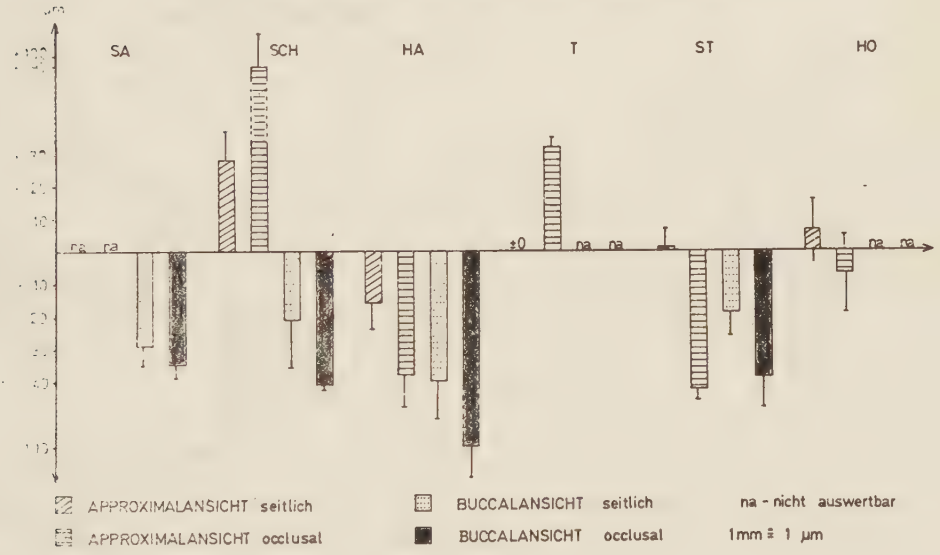


Abb. 22: Seitliche und occlusale Abweichung der Modellstümpfe für die Abformung mit Coltoflax/Coltex fine und Standardabweichung.
1 mm ≙ 1 µm

SA = Stufenpräparation mit Abschrägung
SCH = Schulterpräparation
HA = Hohlkehlpräparation mit Abschrägung
T = Tangentialpräparation
ST = Stufenpräparation
HO = Hohlkehlpräparation

SEITLICHE UND OCCLUSALE ABWEICHUNG DER MODELLSTÜMPFE FÜR DIE ABFORMUNG MIT PRESIDENT PUTTY/ PRESIDENT LIGHT BODY

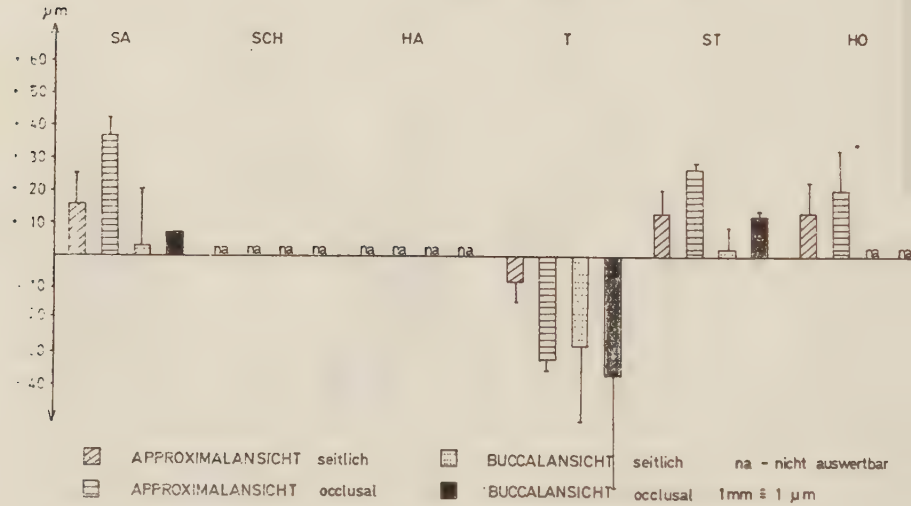


Abb. 22: Seitliche und occlusale Abweichung der Modellstümpfe für die Abformung mit President putty/President light body und Standardabweichung.

1 mm ≙ 1 µm

SA = Stufenpräparation mit Abschrägung
SCH = Schulterpräparation
HA = Hohlkehlpräparation mit Abschrägung
T = Tangentialpräparation
ST = Stufenpräparation
HO = Hohlkehlpräparation

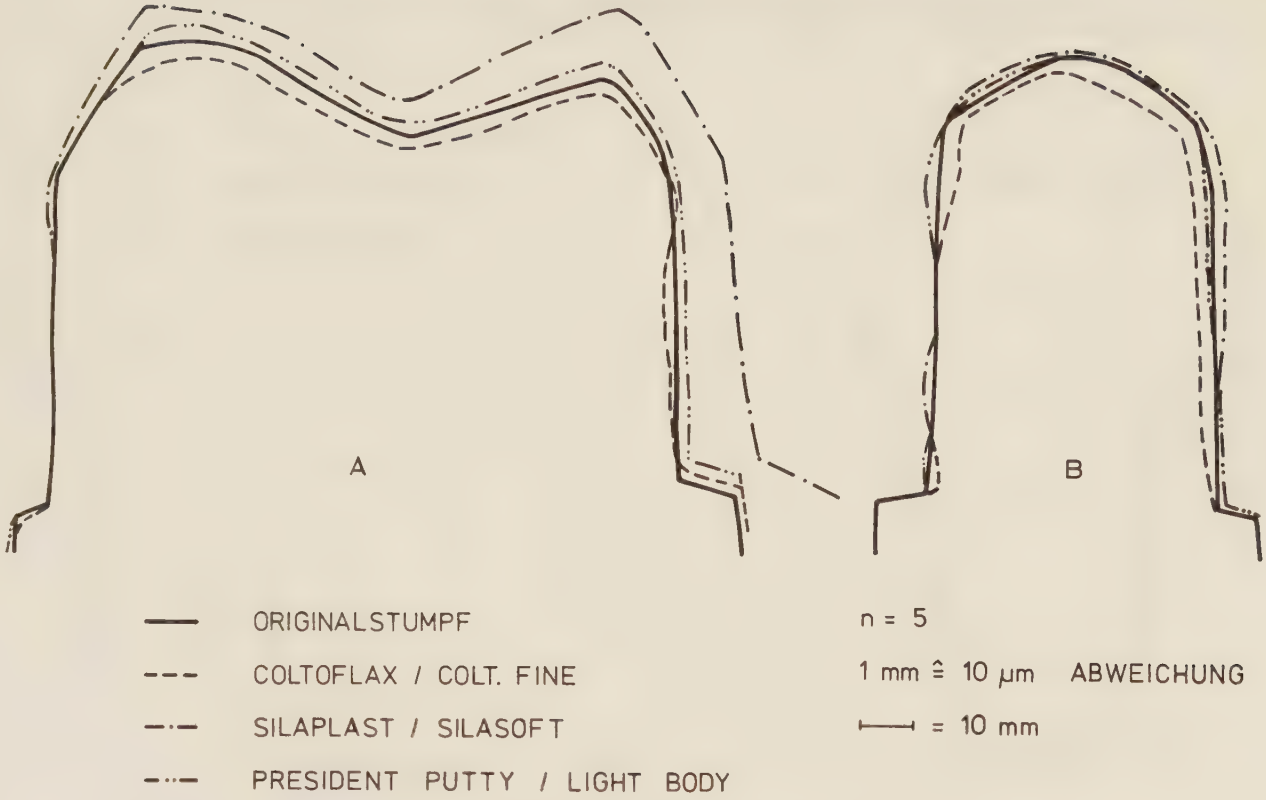


Abb. 23: Die Stufenpräparation eines Prämolaren in Approximal (A)- und Buccalansicht (B) mit den Dimensionsabweichungen der dazugehörigen Modellstümpfe.

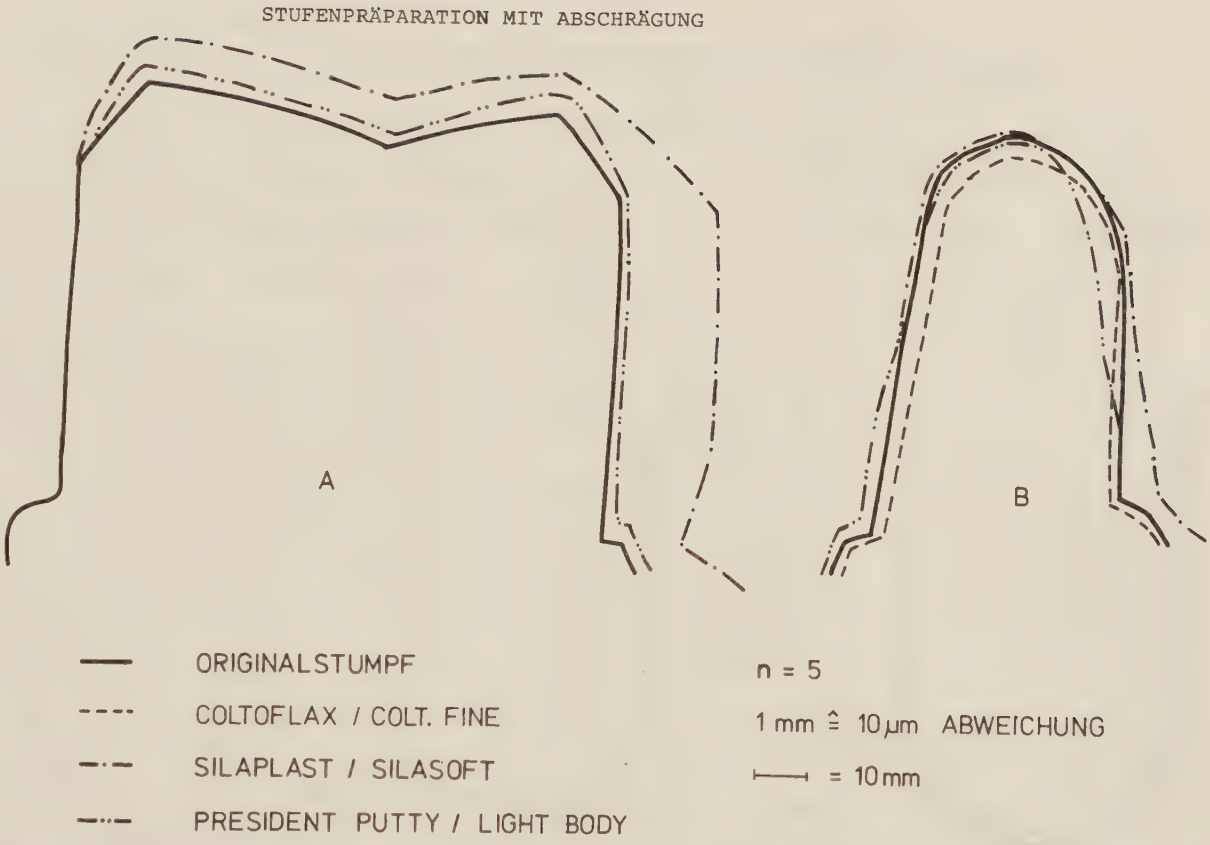


Abb. 24: Die Stufenpräparation mit Abschrägung eines Prämolaren in Approximalansicht (A) und Buccalansicht (B) mit den Dimensionsabweichungen der dazugehörigen Modellstümpfe

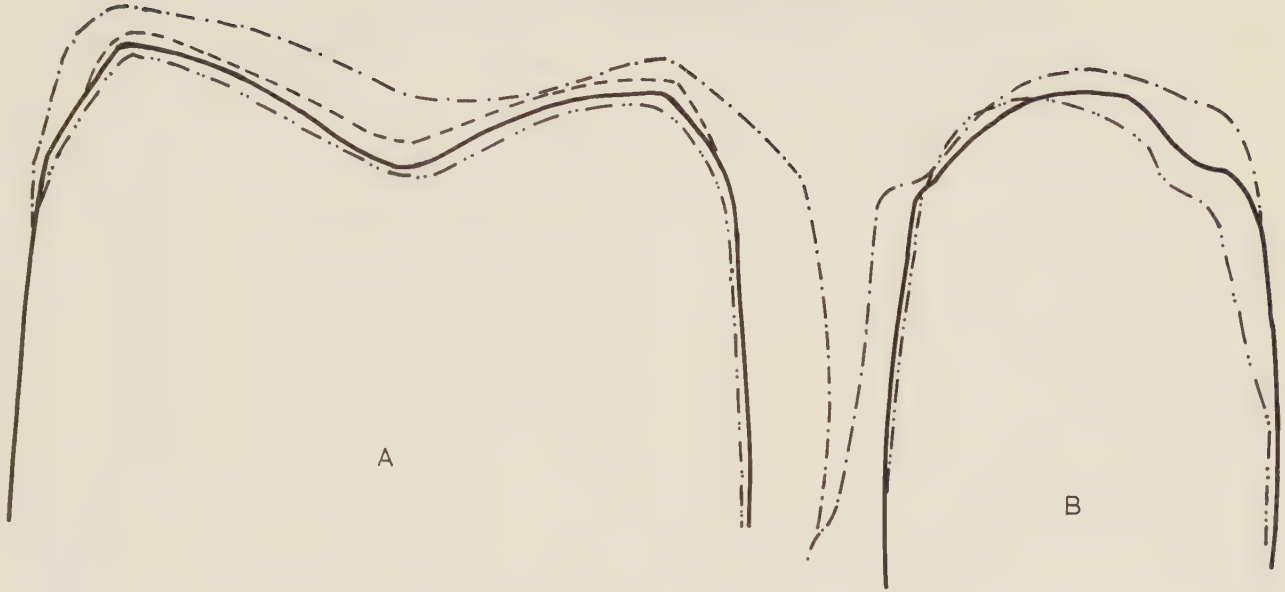


Abb. 28: Die Tangentialpräparation eines Prämolaren in Approximalansicht (A) und Buccalansicht (B) mit den Dimensionsabweichungen der dazugehörigen Modellstümpfe.

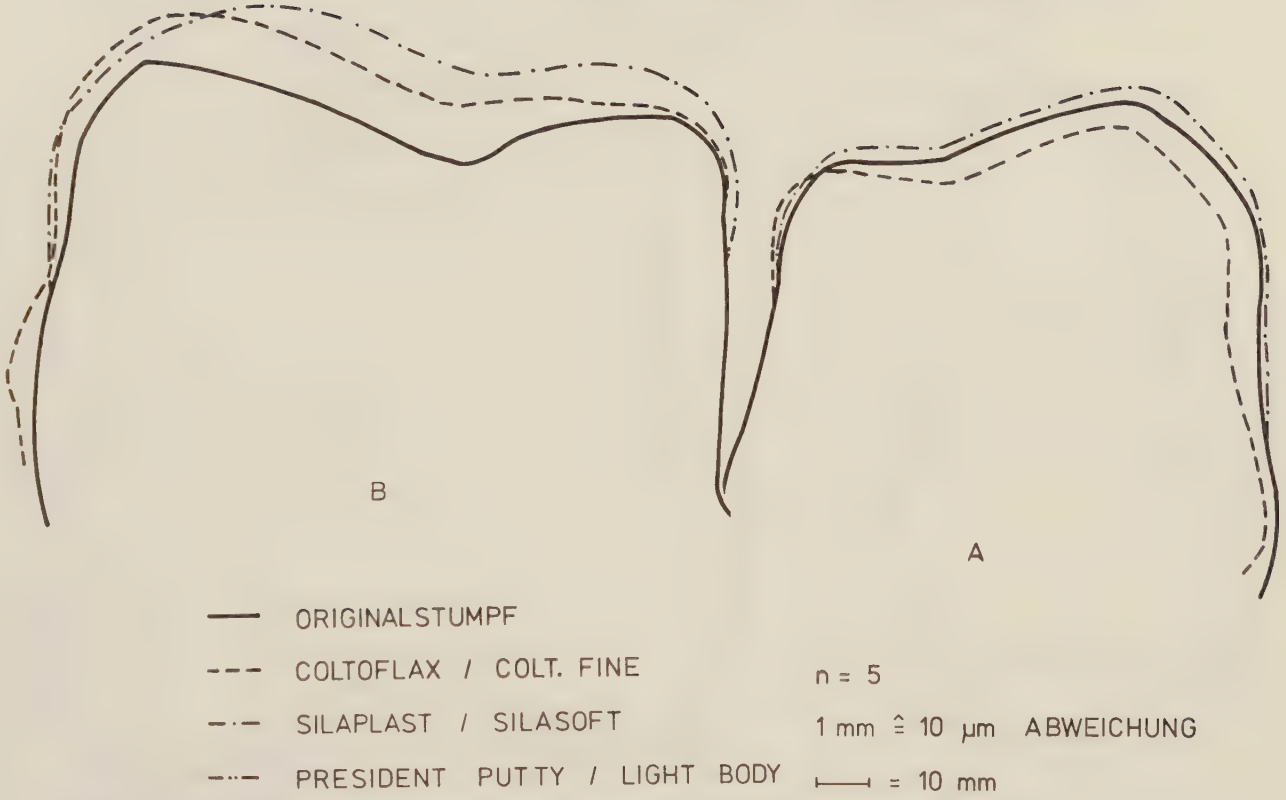
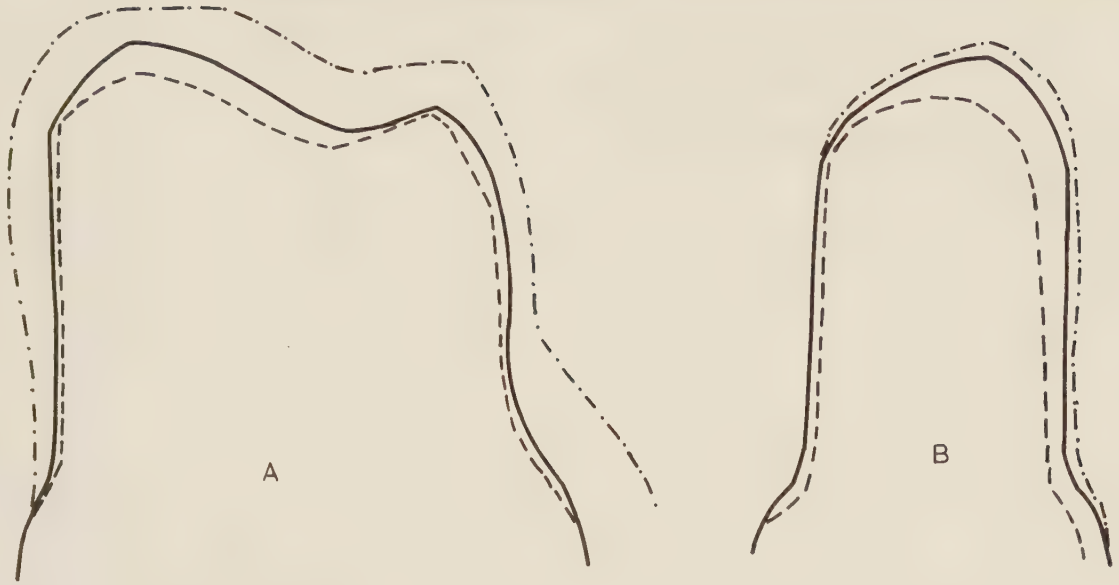


Abb. 27 : Schulterpräparation eines Prämolaren in Approximalansicht (A) und Buccalansicht (B) mit den Dimensionsabweichungen der dazugehörigen Modellstümpfe.

HOHLKEHLE MIT ABSCHRÄGUNG



ORIGINALSTUMPF

COLTOFLAX / COLT. FINE

SILAPLAST / SILASOFT

PRESIDENT PUTTY / LIGHT BODY

n = 5

1 mm ≙ 10 µm ABWEICHUNG

⟝⟞ = 10 mm

Abb. 26: Hohlkehlpräparation mit Abschrägung eines Prämolaren in Approximalansicht (A) und Buccalansicht (B) mit den Dimensionsabweichungen der dazugehörigen Modellstümpfe.

HOHLKEHLPRÄPARATION

——— ORIGINALSTUMPF

– – – COLTOFLAX / COLT. FINE

—·— SILAPLAST / SILASOFT

—··— PRESIDENT PUTTY / LIHGT BODY

n = 5

1 mm ≙ 10 µm ABWEICHUNG

⟷ = 10 mm

Abb. 25 : Hohlkehlpräparation eines Prämolaren in Approximalansicht (A) und die Dimensionsabweichungen der dazugehörigen Modellstümpfe.
Die Buccalansicht war nicht auswertbar.

5. DISKUSSION

5.1. Zur Auswertbarkeit der vergleichsmkaroskopischen Aufnahmen

Bei der Auswertung der vergleichsmakroskopischen Aufnahmen zeigte sich, daß nicht mehr als 88 % der hergestellten Schwarz-Weiß-Aufnahmen auswertbar waren. Dies kann auf folgende Ursachen zurückgeführt werden.

1. Waren die Zahnstümpfe über eine größere Fläche gewölbt, konnte der Stumpf nicht in jedem Punkt scharf abgebildet werden. Dies führte dazu, daß größere Stümpfe, wie sie bei der Tangential- und Schulterpräparation vorlagen, insgesamt oder in größeren Stumpfabschnitten nicht exakt metrisch ausgewertet werden konnten. Für die Differenzmessung hinsichtlich der Dimensionsabweichung ergab sich so eine nicht eindeutige Meßstrecke. Nur dann, wenn der Zahnstumpf einen eindeutigen Äquator besaß, konnte er scharf abgebildet werden, und ein Vergleich mit dem Modellstumpf ergab klarere Meßstrecken.
2. Auch minimale Abweichungen zwischen Modell- und Zahnstumpf können unter Umständen nicht auf der Fotographie erscheinen, wodurch sie nicht erfaßt werden und nicht in die Ergebnisse einfließen.

Auf eine eingehende Statistik wurde verzichtet, weil das vergleichsmakroskopische Verfahren noch Fehlermöglichkeiten in sich birgt, welche zu falschen Schlußfolgerungen führen könnten.

5.2. Vergleich der eigenen Ergebnisse

5.2.1. Vergleich der Materialien miteinander

Die Ergebnisse zeigen, daß die President-Serie die geringsten Abweichungen zwischen Zahnstumpf und Modellstumpf aufwies. Dies kann auf die besseren chemischen und physikalischen Eigenschaften der additionsvernetzenden Silikone gegenüber

den kondensationsvernetzenden Materialien wie Coltoflax/ Coltex fine und Silaplast/Silasoft zurückgeführt werden. So unterliegen die additionsvernetzenden Silikone zwar während der Abbindevorgänge einer größeren Strukturveränderung. Die daraus neu entstehende Verbindung zeigt aber nicht mehr, wie es bei den kondensationsvernetzenden Abformmaterialien der Fall ist,einen Gewichtsverlust durch Abgabe von flüchtigen Substanzen (6).

Der Grund für die besseren Ergebnisse von Coltoflax/Coltex fine gegenüber Silaplast/Silasoft dürfte ebenfalls in den verschiedenen Materialbeschaffenheiten beider Materialgruppen zu suchen sein.

5.2.2. Vergleich der unterschiedlichen Dimensionsabweichungen bei Approximal- und Buccalansicht der Zahnstümpfe

Die Tatsache, daß die Differenz zwischen Originalstumpf und Modellstumpf bei Buccalansicht in der Silaplast/Silasoft-Serie um den Faktor 4 bis 6 geringer war als die Dimensionsabweichung bei Approximalansicht, ist nicht eindeutig zu klären.

Da es sich ausschließlich um positive Dimensionsabweichungen handelt, könnte dies nach BERGER, MARXKORS und MEINERS (4) und MEINERS (50) auf Schrumpfungstendenzen der Abformmaterialien zurückgeführt werden. Haftet das Abformmaterial gut am Abdrucklöffel, so schrumpfen die Abformmaterialien zur Löffelwand hin. Das Abdrucklumen vergrößert sich. Dünne Materialschichten schrumpfen aber nicht so stark wie dicke Schichten. Das aber müßte bedeuten, daß die Dimensionsabweichungen von approximal aus betrachtet geringer sein müßten als von buccal.
Da die Materialstärke zwischen Löffelwand und Stumpf aus der Approximalansicht geringer ist als die Schichtdicke des

Abformmaterials aus der Buccalansicht, verhalten sich die Ergebnisse umgekehrt.

Nimmt man für die soeben diskutierte Veränderung elastische Rückstellkräfte an, so wäre eine Lumenverkleinerung der Abformung, also kleinere Stümpfe, die Folge. Da nur positive Abweichungen gemessen wurden, trifft diese Erklärung nicht zu.

Die für die Silaplast/Silasoft-Reihe eindeutigen Ergebnisse konnten aber bei den anderen Materialkombinationen nicht gefunden werden. Allerdings fehlten bei Coltoflax/Coltex fine und President putty/light body dafür die notwendigen Vergleichsmessungen. Mit den vorliegenden Ergebnissen dürfte es deshalb schwierig sein, eine fundierte Aussage über dieses Phänomen machen zu können. Weiterführende Untersuchungen darüber könnten eventuell neue Erkenntnisse liefern.

5.2.3. Vergleich der occlusalen mit den seitlichen Dimensionsabweichungen

Die occlusalen Dimensionsabweichungen waren praktisch immer größer als die seitlichen Differenzen. Die kann auf verschiedene Weise erklärt werden, je nachdem, ob positive oder negative Dimensionsabweichungen vorliegen.

BERGER, MARXKORS und MEINERS (4) wiesen auf die Möglichkeit der Stumpfvergrößerung beim Korrekturabdruck hin und machen hierfür Schrumpfungen der Korrekturmasse während und nach der Abbindung verantwortlich. Die Schrumpfung ist absolut gesehen bei kleineren Schichten geringer.

Bei positiven Dimensionsabweichungen können die im Vergleich zu seitlichen Abweichungen größeren occlusalen Differenzen wie folgt erklärt werden. Der Schrumpfungsprozeß der occlusalen Abdruckpartie vollzog sich stärker als derjenige, der

seitlichen Abdruckbereiche. Diese Erklärung könnte zutreffen, zumal bei den verwendeten stilisierten Abdrucklöffeln die occlusale Materialstärke größer war als die seitliche Materialschicht und somit unterschiedlich starke Kontraktionsvorgänge möglich waren.

Lagen negative Dimensionsabweichungen vor, müssen für die größeren occlusalen Differenzen Stauchungsvorgänge des Erstmaterials bei der Korrektur mit einem niedrigviskösen Abformmaterial mit anschließender elastischer Rückstellung verantwortlich gemacht werden (12,38,40).

Kommt es occlusal zu stärkeren Abweichungen als in den seitlichen Stumpfpartien, so wird die occlusale Partie der Erstabformung stärker komprimiert als die seitlichen Materialanteile. Nach Entnahme der Korrekturabformung stellt sich dann der occlusale Teil des Siliconmaterials entsprechend stärker zurück und verursacht größere occlusale Differenzen.

Verhalten sich die Vorzeichen der occlusalen und seitlichen Abweichungen entgegengesetzt, so ist an eine Kombination aus Schrumpfungsvorgängen und elastischer Rückstellung zu denken.

5.2.4. Vergleich der Präparationsformen untereinander

Betrachtet man den Einfluß der Präparationsform auf das Dimensionsverhalten der Abformmaterialien, so sind keine eindeutigen Aussagen möglich, obwohl die Präparationsformen unter den verschiedensten Gesichtspunkten verglichen wurden.
So lagen bei jeder Präparationsform geringe und große Abweichungen des Modellstumpfes von Zahnstumpf vor, die aber mehr auf die Abformmethode, das Abformmaterial und das Auswertverfahren zurückgeführt werden können, als auf die Präparationsart.

Besonders exakte Bezugspunkte, wie sie die Hohlkehlpräparation oder Stufenpräparation aufwies, konnten im Vergleichsmakroskop besser ausgewertet werden.
Daher erscheint eine Übertragung der erzielten Ergebnisse auf klinische Belange im Moment noch nicht sinnvoll.

5.3. Vergleich der Ergebnisse mit der Literatur

5.3.1. Vergleich der Materialien unterschiedlicher Zusammensetzung

Die additionsvernetzten Silikone erzielten hinsichtlich ihres Dimensionsverhaltens bessere Ergebnisse als die kondensationsvernetzten Silikonmaterialien. Dieses Ergebnis entspricht neueren Untersuchungen in der Literatur. So entsprechen die für die President-Serie erzielten Ergebnisse von durchschnittlich 0,3 % lin. in etwa den Angaben von SAPELLI, BRUSOTTI und FUMAGALLI (56) von 0,15 % lin. Der höhere Wert von 0,3 % lin. ist auf die unterschiedliche Versuchsdurchführung zurückzuführen. Auch EICHNER (12) bestätigt den additionsvernetzten Silikonmaterialien bessere Ergebnisse als den kondensationsvernetzten Silikonmaterialien. Dies kann auch als Bestätigung für die größere Formstabilität der additionsvernetzten Polyvinylsiloxane angesehen werden.

Die für die kondensationsvernetzten Abformmaterialien Silaplast/Silasoft und Coltoflax/Coltex fine erzielten Ergebnisse entsprechend den Werten der Literatur (5,14,25,37, 42,56). Die in dieser Untersuchung erzielten besseren Resultate von Coltoflax/Coltex fine gegenüber denen von Silaplast/Silasoft konnten in der Literatur nicht bestätigt werden.

5.3.2. Vergleich der Dimensionsunterschiede

Die Ergebnisse dieser Untersuchung erbrachten sowohl positive als auch negative Dimensionsabweichungen bei Korrekturabformung mit Silikonabformmaterialien. Die negativen Abweichungen lagen bei durchschnittlich 0,45 % lin. und bei maximal 2,03 % lin., während die positiven Dimensionsänderungen zwischen ± 0,0 % lin. und 2,5 % lin. schwankten und durchschnittlich 0,71 % lin. betrugen.
Die durchschnittliche Abweichung aller Stümpfe lag bei 0,62 % lin.

Dies entspricht den Angaben von STACHNISS und KOLBOW (69) 0,7 % lin., HOFMANN und LUDWIG (24,25) 0,8 % lin., BERGER, MARXKORS und MEINERS (4) 2 % lin., KÖRBER und LEHMANN (38) 2 % lin., LEHMANN und BURGDORF (42) 2 % lin. und BERGMANN und KÖRBER (5) 3 % lin.

Auch die positiven Abweichungen mit durchschnittlich 0,71 % lin. und maximal 2,5 % lin. entsprachen den Angaben der Literatur; so BERGER, MARXKORS und MEINERS (4) 0,1 % lin., SCHWINDLING (64) 0,14 % lin., HOFMANN und LUDWIG (25) 0,5 % lin., STACHNISS und KOLBOW (69) 0,52 % lin., LEHMANN und BURGDORF (42) 1,0 % lin., BERGMANN und KÖRBER (5) 1 % lin. und GERATS (21) 1,07 % lin.

Dabei muß jedoch berücksichtigt werden, daß die Ergebnisse der Literatur an stilisierten Prüfkörpern gemessen wurden, während in dieser Untersuchung präparierte Zahnstümpfe zur Anwendung kamen.

So könnten die teilweise größeren Abweichungen auf die Rauhigkeiten der Stümpfe zurückgeführt werden. Daß eine gewisse Variationsbreite in den Ergebnissen dennoch bleibt, hat REHBERG (74) bestätigt.

Zahlreiche Autoren wie BERGER, MARXKORS und MEINERS (4), MEINERS, MARXKORS und WRONSKA-GOLDA (50), EICHNER (12), KÖRBER und LEHMANN (38), LEHMANN (40) und LEHMANN und BURGDORF (42) u.a. haben sich mit dem Problem der Stumpfverkleinerung bei der Korrekturabformung mit elastischen Abformmaterialien befaßt. Für diese Stumpfverkleinerungen könnten nach den o.g. Autoren endogene Spannungen in den angemischten Silikonabformmaterialien verantwortlich gemacht werden.

Endogene Spannungen können folgendermaßen erklärt werden: Nach dem Anmischen des Silikons mit einem Härter treten im Silikonmolekülgeflecht elastische Anteile auf. Beim Eindrücken des Stumpfes werden nun die elastischen Anteile verformt und führen zu Spannungen im Abformmaterial. Die aufgebauten Spannungen lösen sich erst nach dem Abheben der Abformung vom Objekt und führen zur Verformung. Daraus resultiert eine Einengung des Abdrucklumens, was zu einer Stumpfverkleinerung führt.

Der Verdrängungseffekt stellt eine weitere Ursache für die Stumpfverkleinerung dar. Je genauer der Erstabdruck ist, um so größer ist die Gefahr, daß durch das Zweitmaterial eine elastische Deformation der ausgehärteten zähplastischen Masse entsteht. Diese Deformation stellt sich zurück, wenn nach dem Aushärten der dünnflüssigen Korrekturmasse, der Abdruck vom Stumpf entfernt wird. Eine Verkleinerung des Lumens ist somit die Folge.

Darauf basierend machen LEHMANN (40) und LEHMANN und BURGDORF (42) sowie andere Autoren zur Ausschaltung dieser Fehlermöglichkeiten folgende Vorschläge:

Der gute Abfluß des Korrekturmaterials muß über Abflußrillen oder gleichwertige Platzhalter gewährleistet sein. Es soll nur wenig und dünnflüssige Korrekturmasse verwendet

werden. Die Korrekturmasse sollte kurzzeitig auf den Stumpf angepreßt werden und danach durcklos abbinden.
Zur Vermeidung der endogenen Spannungen empfehlen MEINERS, MARXKORS und WRONSKA-GOLDA (50) Langzeithärter zu benützen, da sich so die Rückstellkräfte verringern.

Positive Dimensionsabweichungen (Stumpfvergrößerungen) können ebenfalls verschiedene Ursachen haben (5,24,25,42, 49,69). Eine Ursache ist die bereits o.e. gute Abflußmöglichkeit für die niedrigvisköse Korrekturmasse. Auch Schrumpfungsvorgänge in der Abformmasse können zu Stumpfvergrößerungen führen, vor allem dann, wenn durch das Vorhandensein von Retentionen in den Abdrucklöffeln der Abdruckmasse die Möglichkeit einer zentrischen Schrumpfung in Richtung der größten Massenverteilung genommen ist. Der Schrumpfungsvorgang ist dann auf die Wände des Abdrucklöffels gerichtet. Das Abdrucklumen wird vergrößert.

Sowohl die o.a. Begründungen für die Stumpfverkleinerungen bei der Korrekturabformung, wie auch die Erklärungen für vergrößerte Modellstümpfe können für die in dieser Untersuchung erzielten negativen und positiven Dimensionsabweichungen gelten.

Die über den Korrekturabdruck gewonnenen Modellstümpfe zeigten aber nicht nur ein unterschiedliches Dimensionsverhalten, man konnte auch Verformungen und Verzerrungen der Gipsmodellstümpfe feststellen (Abb. 23-28). In der Literatur sind ebenfalls solche Verformungen und Verzerrungen von zahlreichen Autoren beschrieben (5,10,12,19,20,24, 25,27 - 37,49,67,69) und deren Ursachen diskutiert worden. Neben einer unterschiedlichen Reaktion der Füllkörper in den Silikonabformmaterialien (10) werden eine allgemeine Kontraktionsneigung der Silikone (67) sowie endogene Spannungen (49) sowie auch die elastische Rückstellung der Abformmaterialien als Ursachen angegeben (5,12,24,25).

5.4. Zusammenfassende Folgerungen dieser Untersuchung

Sowohl die in der Literatur angegebenen Resultate wie auch die Ergebnisse dieser Untersuchung zeigen, daß es zwischen Originalstumpf und Modellstumpf Abweichungen in Form und Größe gibt. Diese Ergebnisse werden beeinflußt von den verschiedenen Silikonmaterialien.

Eine Abhängigkeit der Dimensionsabweichungen zwischen Originalstumpf und Modellstumpf von der Präparationsform konnte nicht nachgewiesen werden.

Obwohl das vergleichsmakroskopische Verfahren auf zahnärztlich-werkstoffkundliche Fragestellungen anzuwenden ist, ist das Verfahren in all seinen Feinheiten noch nicht ausgereift. Dies zeigt sich besonders an der Größe der Standartabweichung, die auf folgende Fehlermöglichkeiten zurückgeführt werden kann:

1. Eine räumliche Ausrichtung des Modellstumpfes zum Urstumpf entsprechend der Bildebene und des Abbildungsmaßstabes im Vergleichsmakroskop ist schwierig und kann nur über eine verbesserte Einrichtungshilfe befriedigend gelöst werden.

2. Um Veränderungen zwischen Ur- und Modellstumpf erkennen zu können, mußte immer ein reproduzierbarer Punkt gefunden werden, der in jedem Modell erkennbar war. In dieser Versuchsreihe war dies die linke Präparationsgrenze. Dadurch wurden alle Abweichungen nach rechts aufgezeichnet. Eine exakte Aussage über die räumliche Veränderung war dadurch nur bedingt möglich.

3. Auch die indirekte Auswertung der Abweichungen über ein photographisches Positiv ist ungünstig und beeinflußt den Gesamtfehler, auch wenn die visuellen Ergebnisse zur Auswertung mit herangezogen werden können.

6. AUSBLICK

Um das vergleichsmakroskopische Verfahren uneingeschränkt für zahnärztlich-werkstoffkundliche Untersuchungen anwenden zu können, müssen die o.g. Mängel, die in diesem Verfahren liegen, behoben werden. Neben einer verbesserten Einrichtungshilfe muß ein gemeinsamer, reproduzierbarer Punkt auf Modell und Original gefunden werden, über den die Dimensionsunterschiede originalgetreu wiedergegeben werden können. Weiter muß nach einem Verfahren gesucht werden, welches eine direkte metrische Erfassung der Abweichung im Vergleichsmakroskop erlaubt.

Damit wäre ein Verfahren gefunden, mit welchem Dimensionsunterschiede zwischen einem präparierten, unregelmäßig geformten Zahnstumpf und einem über eine Abformung hergestellten Modellstumpf untersucht werden könnten. Neben der direkten metrischen Erfassung der Abweichungen, erlaubt dieses Verfahren, direkt und visuell Differenzen zwischen Originalen und Modellen zu erkennen, wodurch genauere Rückschlüsse auf die entstandenen Formungenauigkeiten gezogen werden könnten.

Über die makroskopische Vergrößerung könnten auch Oberflächenstrukturen untersucht werden. So könnte man z.B. die Detailreproduktion zwischen Originalstumpf und Modellstumpf unter dem Vergleichsmakroskop miteinander vergleichen. Die verschiedenen Modellwerkstoffe könnten ebenfalls hinsichtlich ihrer Oberflächenstruktur analysiert werden.

7. ZUSAMMENFASSUNG

Das Dimensionsverhalten silikonhaltiger Abformmaterialien wurde erstmalig an extrahierten, unter klinischen Bedingungen präparierten Prämolaren untersucht. Folgende Präparationsformen wurden gewählt:

1. Stufenpräparation
2. Stufenpräparation mit Abschrägung
3. Hohlkehlpräparation
4. Hohlkehlpräparation mit Abschrägung
5. Schulterpräparation
6. Tangentialpräparation

Von den präparierten Zahnstümpfen wurden über das Korrekturabdruckverfahren Superhartgipsmodelle erstellt. Als Silikonabformmaterialien fanden Silaplast/Silasoft und Coltoflax/Coltex fine als kondensationsvernetzende sowie President putty/President light body als additionsvernetzende Materialien Verwendung. Die Dimensionsabweichungen wurden in einem vergleichsmakroskopischen Verfahren bestimmt.
Die durch die Literatur bestätigten Ergebnisse zeigen, daß die Modellstümpfe gegenüber den Originalstümpfen sowohl verkleinert wie auch vergrößert wiedergegeben wurden und Abweichungen in der Form aufwiesen. Die occlusalen Dimensionsabweichungen waren in der Regel größer als die seitlichen Differenzen. Das additionsvernetzende President-System war bezüglich der Dimensionsabweichungen den kondensationsvernetzenden Silikonmaterialien Silaplast/Silasoft und Coltoflax/Coltex fine überlegen. Eine Abhängigkeit der Dimensionsabweichungen von der Präparationsform konnte nicht nachgewiesen werden. Wird das vergleichsmakroskopische Verfahren weiter verfeinert und verbessert, kann es als geeignet für zahnärztlich-werkstoffkundliche Untersuchungen angesehen werden.

8. LITERATURÜBERSICHT

1. AHRENS, G., NAUJOKS, R.: Vergleichende Untersuchungen an elastischen Abdruckmaterialien für die indirekte Technik.
   Dtsch. zahnärztl. Z., 16, 472 (1961)

2. ANDERSON, J.N.: The dimensial stability of there silicone-base impression materials.
   Dent. Practit., 8, 368 (1958)

3. ANDERSON, J.N.: Applied dental materials.
   Blackwell Scientific Publications, Oxford und Edinburgh, 205, 1967

4. BERGER, H.-J., MARXKORS, R., MEINERS, H.: Abformgenauigkeit bei ringlosen Abdrücken.
   Dtsch. zahnärztl. Z., 28, 1051 (1973)

5. BERGMANN, H., KÖRBER, E.: Untersuchung über neue Abdruckmaterialien für Kronen und Brücken.
   Dtsch. zahnärztl.Z., 21, 944 (1966)

6. COLTENE-SCRIPTUM: Abformung und Modellherstellung.
   Coltène, Altstätten 1981

7. DREYER-JÖRGENSEN, K.: Praktische Anleitungen in odontologischer Technologie für Klinik und Laboratorium, IV. Thiokol-Abdrücke von präparierten Zähnen.
   Quintess. zahnärztl. Lit. 18, 2 (1967)

8. DREYER-JÖRGENSEN, K.: Praktische Anleitungen in odontologischer Technologie für Klinik und Laboratorium.
XIII. Abdrücke mit Kupferringe.
Quintess. zahnärztl. Lit., 18, 11 (1967)

9. DREYER-JÖRGENSEN, K.: Thiokol as a dental impression material.
Acta odont. scand., 14, 313 (1957)

10. EFFINGER, A.: Volumen-, Gewichts- und Elastizitätsverhalten zahnärztlicher Abdruckmassen auf Siliconbasis.
Dtsch. zahnärztl. Z., 13, 256 (1958)

11. EICHNER, K.: Abdruck oder Abformung von präparierten Zähnen.
Dtsch. zahnärztl. Z., 27, 589 (1972)

12. EICHNER, K.: Zahnärztliche Werkstoffe und ihre Verarbeitung.
Band 1, Grundlagen und Verarbeitung.
Dr. Alfred Hüthig-Verlag, Heidelberg , 53 (1981)

13. FINGER, W., LOCKOWANDT, P. Abform- und Modellmaterialien, eine funktionelle Einheit.
Dtsch. zahnärztl. Z., 27, 620 (1972)

14. FINGER, W.: Der Wärmeausdehnungskoeffizient gummielastischer Abdruckmaterialien.
Dtsch. zahnärztl. Z., 28, 671 (1973)

15. FRANZ, G.: Die elastische Rückstellung der Abformmassen und ihre Abhängigkeit von den Prüfungsbedingungen.
Dtsch. zahnärztl. Z., 604 (1972)

16. FRANZ, G.: Möglichkeiten und Grenzen elastischer Abformmaterialien.
Zahnärztl. Mitt. 1, 24 (Januar 1975)

17. FRANZ, G.: Möglichkeiten und Grenzen elastischer Abformmaterialien.
Zahnärztl. Mitt. 2, 64 (Januar 1975)

18. FRENTZEN, H.: Methoden der Kronenstumpfabformung.
Zahnärztekalender der DDR, 209 (1970)

19. FUCHS, P., KOBES, L.: Untersuchung zum Dimensionsverhalten silikonhaltiger elastischer Abformmassen.
Dtsch. Zahnärztebl., 21, 218 (1967)

20. GEHRE, G., HÄSSLER, C., KAPLAN, P.: Werkstoffkundliche Untersuchungen über die Eignung von Silikonpräparaten zur elastischen Zwei-Komponenten-Abformung.
Dtsch. Stomat., 19, 729 (1969)

21. GERATS, R.: Dimensionsverhalten von nach Doppelabdrucknahme mit gummielastischen Abformmaterialien hergestellten Prüfkörpern.
Dtsch. zahnärztl. Z., 18, 724 (1963)

22. HENKEL, G.: Vergleichende Untersuchungen an Abformmaterialien.
Dtsch. zahnärztl. Z., 10, 646 (1955)

23. HOFMANN, M.: Der Korrekturabdruck (ein neues Abdruckverfahren für festsitzenden Zahnersatz).
Zahnärztl. Welt 74, 160 (1965)

24. HOFMANN, M., LUDWIG, P.: Über das Dimensionsverhalten verschiedener Abdruckwerkstoffe im Hinblick auf ihre Eignung für das Korrekturabdruckverfahren (1. Teil).
Dtsch. zahnärztl. Z., 23, 6 (1968)

25. HOFMANN, M., LUDWIG, P.: Über das Dimensionsverhalten verschiedener Abdruckwerkstoffe im Hinblick auf ihre Eignung für das Korrekturabdruckverfahren (2. Teil).
Dtsch. zahnärztl. Z., 23, 438 (1968)

26. ILG, V.K.: Das Volumen von Kupferbandabdrücken in Abhängigkeit von der Zimmertemperatur.
Dtsch. zahnärztl. Z., 3, 301 (1948)

27. ILG, V.K.: Untersuchungen zur indirekten Technik, im besonderen zur Abdruckgenauigkeit in der indirekten Technik.
Dtsch. zahnärztl. Z., 9, 1226 (1954)

28. ILG, V.K.: Untersuchungen zum Dimensionsverhalten der Silikone-Abdruckmassen.
Teil I: Abdruckmaterial ungeformt.
Dtsch. zahnärztl. Z., 13, 1377 (1958)

29. ILG, V.K.: Untersuchungen zum Dimensionsverhalten der Silikone-Abdruckmassen.
Teil II: Abformmaterial: geformt, Präparation: positiv.
Dtsch. zahnärztl. Z., 14, 405 (1959)

30. ILG, V.K.: Untersuchungen zum Dimensionsverhalten der Silikone-Abdruckmassen.
Teil III: Abdruckmaterial: geformt, Präparation: negativ.
Dtsch. zahnärztl. Z., 14, 527 (1959)

31. ILG, V.K.: Untersuchungen zum Dimensionsverhalten der Silikone-Abdruckmassen.
Teil IV: Material: geformt,
a) thermoplastisch (Xantygen),
b) Silikone-Masse (Lastic 55),
Präparation: positiv und negativ.
Alter der Abdrücke: 1 Stunde.
Dtsch. zahnärztl. Z., 14, 651 (1959)

32. ILG, V.K.: Untersuchungen zum Dimensionsverhalten der Silikone-Abdruckmassen.
Teil V: Abdruckmaterial: geformt, Präparation: positiv, Abdruckalter: 1 - 96 Stunden.
Dtsch. zahnärztl. Z., 14, 772 (1959)

33. ILG, V.K.: Untersuchungen zum Dimensionsverhalten der Silikone-Abdruckmassen.
Teil VI: Abdruck-Material: geformt, Präparation: negativ,
Alter der Abdrücke: 1,12,24,48, 96 Stunden.
Dtsch. zahnärztl. Z., 14, 895 (1959)

34. ILG, V.K.: Untersuchungen zum Dimensionsverhalten der Silikone-Abdruckmassen.
Teil VII: Abdruckmaterial: geformt, Präparation: positiv und negativ,
Alter der Abdrücke: 8 1/2 bis 14 Tage.
Temperatur: 5^{o} - 35^{o} Celsius.
Dtsch. zahnärztl. Z., 14, 1079 (1959)

35. ILG, V.K.: Untersuchungen zum Dimensionsverhalten der Silikone-Abdruckmassen.
Teil VIII: Abdruckmasse: geformt als Futter in einem primären Kerr-Abdruck.
Präparation: positiv und negativ.
Alter: 1,24,48 und 96 Stunden.
Dtsch. zahnärztl. Z., 14, 1649 (1959)

36. ILG, V.K.: Untersuchungen zum Dimensionsverhalten der Silikone-Abdruckmassen.
Teil IX: Abdruckmasse: geformt, aber mit verschieden großer Wandstärke.
Präparation: positiv.
Alter: verschieden.
Dtsch. zahnärztl. Z., 15, 427 (1960)

37. ILG, V.K.: Untersuchungen zum Dimensionsverhalten der Silikone-Abdruckmassen.
Teil X: Zusammenfassung.
Dtsch. zahnärztl. Z., 15, 1202 (1960)

38. KÖRBER, E., LEHMANN, K.: Vergleichende Untersuchung bei Abdruckmaterialien für Kronen und Brücken.
Dtsch. zahnärztl. Z., 24, 791 (1969)

39. LEHMANN, K.: Abformung und modellpraktische Forderungen und wissenschaftliche Grundlagen.
Dtsch. zahnärztl. Z., 27, 100 (1972)

40. LEHMANN, K.: Abformung von Kronenstümpfen.
Zahnärztebl. Baden-Württemberg, 2, 43 (1973)

41. LEHMANN, K., LANGE, G.: Vergleichende Untersuchungen über Modellmaterialien für Kronen und Brücken.
Dtsch. zahnärztl. Z., 28, 819 (1973)

42. LEHMANN, K., BURGDORF, H.O.: Untersuchungen zu zweizeitigen Abformverfahren für Kronen und Brücken (Korrekturabdruck).
Zahnärztl. Welt, 9, 430 (1978)

43. LENZ, E., WELKER, D.: Untersuchungen der physikalischen Eigenschaften und des Formverhaltens von Silikonemassen und -abformungen.
Dtsch. Stomat., 19, 487 (1969)

44. LENZ, E.: Werkstoffkundliche Grundlagen des Abformens mit Silikon-Elastomeren.
Dtsch. Stomat., 26, 331 (1976)

45. MARXKORS, R.: Zitat nach EICHNER: "Abdruck oder Abformung von präparierten Zähnen"
Dtsch. zahnärztl.Z., 27, 589 (1972)

46. MARXKORS, R.: Abformung und modellpraktische Forderungen und wissenschaftliche Grundlagen.
Dtsch. zahnärztl. Z., 27, 96 (1972)

47. MC LEAN, J.W.: Physical properties influencing the accuracy of silicone and thiocol impression materials.
Brit. dent. J., 110, 85 (1961)

48. MEINERS, H.: Störmungssituation beim Korrekturabdruck.
Dtsch. zahnärztl. Z., 31, 685 (1976)

49. MEINERS, H.: Eigenschaften und Genauigkeit von elastomeren Abformmaterialien (Polysulfide, Silikone, Polyäther). Zahnärztl. Welt, 9, 426 (1978)

50. MEINERS, H., MARXKORS, R., WRONSKA-GOLDA, M.: Ungenauigkeiten bei der Abformung kantiger Gegenstände. Dtsch. zahnärztl. Z., 35, 917 (1980)

51. MEYER, H.: Über die Prüfung elastischer Abformmassen. Dtsch. zahnärztl. Z., 11, 562 (1956)

52. REHBERG, H.J.: Zusammenhänge zwischen Eigenschaften und klinischer Anwendung elastischer Abformmassen. Dtsch. Zahnärztebl., 23, 61 (1969)

53. REHBERG, H.J.: Elastomere Abformmassen. Schweiz. Mschr. Zahnheilk. 80, 1007 (1970)

54. REHBERG, H.J., SCHWICKERATH, H.: Der Stand unserer Kenntnisse über die elastomeren Abformmaterialien. Dtsch. zahnärztl. Z., 29, 382 (1974)

55. RITZE, H.: Elastische Abformmaterialien für Kronen- und Brückenarbeiten. Zahnärztl. Welt, 66, 156 (1965)

56. SAPELLI, P.L., BRUSOTTI, C., FUMAGALLI, G.: Additionsvernetzte Polysiloxane - eine neue Silikongeneration. Quintess.zahnärztl.Lit., 28,2(1977)

57. SCHMALZ: Zitat nach HENKEL, G.: "Vergleichende Untersuchungen an Abdruckmaterialien" Dtsch.zahnärztl.Z., 10, 646 (1955)

58. SCHWICKERATH, H.: Grundsätzliches zur Abformung und den Abformmaterialien.
Dtsch. zahnärztl. Z., 27, 91 (1972)

59. SCHWICKERATH, H.: Zur Prüfung der Form- und Wiedergabegenauigkeit von Abformmaterialien.
Dtsch. zahnärztl. Z., 27, 478 (1972)

60. SCHWICKERATH, H.: Zur Form- und Wiedergabegenauigkeit von elastomeren Abformmaterialien.
Dtsch. zahnärztl. Z., 27, 616 (1972)

61. SCHWICKERATH, H.: Zur Zugprüfung von Abformmaterialien.
Dtsch. zahnärztl. Z., 30, 200 (1975)

62. SCHWICKERATH, H.: Das Formverhalten von Abformmaterialien im Versuch und in der Praxis.
Dtsch. zahnärztl. Z., 31, 680 (1976)

63. SCHWINDLING, R.: Indirekte Bestimmung des Dimensionsverhaltens von Silikon-Abdruckmassen.
Stomat. 13, 121 (1960)

64. SCHWINDLING, R.: Die Abformung mit silikonhaltigen Abformmassen.
Dtsch. zahnärztl. Z., 21, 930 (1966)

65. SCHWINDLING, R.: Ergänzungsabdruck für Kronen und Brücken.
Quintess.zahnärztl.Lit., 20, 1 (1969)

66. SCHWINDLING, R.: Das Messen von Dimensionsänderungen an elastomeren Abformwerkstoffen.
Dtsch. zahnärztl. Z., 25, 710 (1970)

67. SCHWINDLING, R.: Lineare Dimensionsänderungen elastomerer Silikonwerkstoffe für das Doppelabdruckverfahren.
Zahnärztl. Welt, 79, 771 (1970)

68. SPANG, H.: Doppelabformung mit Druckausgleich.
Quintess.zahnärztl.Lit., 32, 12 (1981)

69. STACHNISS, V., KOLBOW, G.: Fehler bei der Korrekturabformung und ihre Vermeidung.
Dtsch. zahnärztl. Z., 32, 934 (1977)

70. STAHL, E.: Präzise Abdrücke nach dem Doppelabdruckverfahren speziell für stufenlose Präparation und Herstellung exakter Modelle für indirekte Kronen-, Brücken- und Inlayarbeiten.
Dtsch. Zahnärztebl., 10, 46 (1956)

71. STÄHLE, G.: Eine rationelle Methode zur Abformung von Kronenstümpfen bei gleichzeitiger provisorischer Stumpfversorgung.
Dtsch. Zahnärztebl., 21, 341 (1967)

72. STÜBEN, J.: Vergleichende Untersuchungen an modernen in der Odonto-Stomatologie verwendeten elastischen Abdruckmaterialien.
Schweiz. Mschr. Zahnheilk. 73, 1012 (1963)

73. TRIEBSCH, E.: Die Bedeutung der Silikone für die Zahnheilkunde.
Dtsch. zahnärztl. Z., 10, 1784 (1955)

74. VOSS, R.: Abformung und modellpraktische Forderungen und wissenschaftliche Grundlagen.
Dtsch. zahnärztl. Z., 27, 96 (1972)

MITTELWERTABWEICHUNG DER EINZELSTÜMPFE UND DER EINZELSTUMPFSERIEN 1-5 IN BUCCAL- UND APPROXIMALANSICHT (IN µm)

		SILAPLAST/ SILASOFT		COLTOFLAX/ COLTEX FINE		PRESIDENT PUTTY/ LIGHT BODY	
		APPROXIMALANSICHT	BUCCALANSICHT	APPROXIMALANSICHT	BUCCALANSICHT	APPROXIMALANSICHT	BUCCALANSICHT
STUFENPRÄP. MIT ABSCHRÄGUNG	SA 1	+ 77,8	± 0,0		- 49,1	+ 25,9	- 38,1
	SA 2	+111,1	+ 23,5		- 55,6	+ 29,6	± 0,0
	SA 3	+ 81,5	+ 12,5		+ 48,2	+ 11,1	+ 2,4
	SA 4	+110,0	+ 22,9	n.a.	- 51,9	+ 13,0	+ 18,0
	SA 5	+ 87,0	+ 22,9		- 44,5	+ 24,1	- 2,4
	$\bar{x}$ 1-5	+ 93,5	+ 16,4		- 30,6	+ 20,7	- 4,0
	$\bar{x}$ lin	+ 1,87%	+ 0,33%		- 0,61%	+ 0,42%	- 0,08%
	S	± 15,9	± 10,2		± 44,2	± 8,2	± 20,6
HOHLKEHLPRÄP. MIT ABSCHRÄGUNG	HA 1	+ 83,3	+ 11,8	- 22,2	- 71,3		
	HA 2	+ 68,5	+ 35,3	- 22,2	- 38,9		
	HA 3	+ 70,8	+ 21,6	- 22,2	- 77,8		
	HA 4	+ 70,4	+ 9,8	- 16,7	- 37,0	n.a.	n.a.
	HA 5	+ 83,3	- 5,9	- 20,4	- 44,5		
	x 1-5	+ 75,3	+ 14,5	- 20,7	- 53,9		
	$\bar{x}$ lin	+ 1,51%	+ 0,29%	- 0,42%	- 1,08%		
	S	± 7,4	± 11,8	± 2,4	± 19,2		
STUFEN-PRÄPARATION	ST 1	+ 59,3	+ 3,9	- 16,7	- 20,0	+ 38,9	+ 28,6
	ST 2	+ 62,8	+ 11,8	- 3,7	- 37,8	+ 12,0	+ 3,9
	ST 3	+ 52,9	+ 13,7	- 3,7	- 23,1	+ 0,9	+ 8,3
	ST 4	+ 49,0	+ 9,8	- 7,4	- 9,5	+ 18,5	- 2,9
	ST 5	+ 54,9	+ 6,7	- 11,1	- 30,6	+ 12,0	- 13,7
	x 1-5	+ 55,8	+ 9,2	- 8,5	- 24,2	+ 16,5	+ 4,8
	$\bar{x}$ lin	+ 1,12%	+ 0,18%	- 0,17%	- 0,48%	+ 0,33%	+ 0,1%
	S	± 5,4	± 3,9	± 5,5	± 10,7	± 14,0	± 15,7
HOHLKEHL-PRÄPARATION	HO 1	+ 18,8		- 12,0		- 9,3	
	HO 2	+ 81,3		- 5,6		+ 12,7	
	HO 3	+ 66,7		+ 50,0		+ 7,8	
	HO 4	+ 66,7	n.a.	+ 11,1	n.a.	+ 29,4	n.a.
	HO 5	+ 52,1		- 18,5		+ 33,3	
	$\bar{x}$ 1-5	+ 57,1		+ 5,0		+ 14,8	
	$\bar{x}$ lin	+ 1,14%		+ 0,1%		+ 0,3%	
	S	± 23,8		± 27,5		± 17,2	

MITTELWERTABWEICHUNG DER EINZELSTÜMPFE UND DER EINZELSTUMPFSERIEN 1-5 IN BUCCAL- UND APPROXIMALANSICHT (IN µm)

		SILAPLAST/ SILASOFT		COLTOFLAX/ COLTEX FINE		PRESIDENT PUTTY/ LIGHT BODY	
		APPROXIMALANSICHT	BUCCALANSICHT	APPROXIMALANSICHT	BUCCALANSICHT	APPROXIMALANSICHT	BUCCALANSICHT
SCHULTER-PRÄPARATION	SCH 1	+120,0	+ 9,5	+ 66,7	- 46,3		
	SCH 2	+ 88,9	+ 14,3	+ 66,7	+ 9,3		
	SCH 3	+ 34,7	+ 17,8	+ 63,6	+ 18,5		
	SCH 4	+ 33,3	+ 14,3	+ 15,2	- 48,2	n.a.	n.a.
	SCH 5	+ 27,8	+ 14,3	+ 54,6	- 44,5		
	$\bar{x}$ 1-5	+ 60,9	+ 14,0	+ 53,3	- 22,2		
	$\bar{x}$ lin	+ 1,22%	+ 0,28%	+ 1,07%	- 0,44%		
	S	± 41,3	± 2,9	± 29,9	± 33,2		
TANGENTIAL-PRÄPARATION	T 1	+ 83,3	+ 46,3	+ 13,0		- 22,2	- 28,7
	T 2	+ 74,1	+ 68,7	+ 18,5		- 46,3	- 44,7
	T 3	+ 59,3	+ 43,5	- 3,7		± 0,0	- 7,41
	T 4	+ 51,9	+ 35,2	+ 5,6	n.a.	± 0,0	+ 2,8
	T 5	+ 70,4	+ 58,3	+ 1,9		± 0,0	- 55,6
	$\bar{x}$ 1-5	+ 67,8	+ 50,4	+ 7,0		- 13,7	- 26,7
	$\bar{x}$ lin	+ 1,36%	+ 1,01%	+ 0,14%		- 0,27%	- 0,53%
	S	± 12,4	± 13,6	± 8,8		± 20,6	± 24,5

$\bar{x}$: Mittelwert aus allen 5 Stümpfen einer Präparationsart

$\bar{x}$ lin : lineare Abweichung von $\bar{x}$ 1-5 in %

S : Standartabweichung

n.a. : nicht auswertbar

SEITLICHE UND OCCLUSALE ABWEICHUNGEN IN APPROXIMAL- UND BUCCALANSICHT (IN µm)

SILAPLAST / SILASOFT

MESS-PUNKTE	STUFENPRÄP. MIT ABSCHRÄGUNG		HOHLKEHLPRÄP. MIT ABSCHRÄGUNG		STUFEN-PRÄPARATION		HOHLKEHL-PRÄPARATION		SCHULTER-PRÄPARATION		TANGENTIAL-PRÄPARATION	
	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B
0	+133,3	+ 0,0	+ 0,0	+ 20,0	± 0,0	+ 26,7	± 0,0		± 0,0	± 0,0	± 0,0	+ 0,0
1	+193,3	+ 6,7	+ 58,3	+ 20,0	+106,7	± 0,0	+106,7		± 0,0	+ 13,3	+146,7	+ 0,0
2	+193,3	+ 13,3	+ 50,0	+ 13,3	+106,7	+ 13,3	+100,0		± 0,0	+ 13,3	+166,7	+ 0,0
3	+186,7	+ 80,0	+140,0	+ 26,7	+133,3	± 0,0	+113,3		± 0,0	n.a.	+160,0	+ 0,0
4	+140,0	+ 73,3	+180,0	+ 13,3	+153,3	± 0,0	+120,0		± 0,0	n.a.	+160,0	+ 0,0
5	+153,3	+ 66,7	+173,3	+ 20,0	+333,4	± 0,0	+133,3		± 0,0	n.a.	+160,0	+ 0,0
6	+316,7	± 0,0	±166,7	n.a.	± 0,0	n.a.	n.a.		± 0,0	n.a.	+133,3	+ 0,0
7	± 0,0	± 0,0	± 0,0	± 0,0	± 0,0	± 0,0	± 0,0		± 0,0	± 0,0	± 0,0	+166,7
8	± 0,0	± 0,0	± 0,0	± 0,0	± 0,0	± 0,0	± 0,0		± 0,0	± 0,0	± 0,0	+146,7
9	± 0,0	± 0,0	± 0,0	± 0,0	± 0,0	± 0,0	± 0,0		± 0,0	± 0,0	± 0,0	+106,7
10	± 0,0	± 0,0	± 0,0	± 0,0	± 0,0	+ 16,7	+ 13,3	n.a.	± 0,0	± 0,0	± 0,0	+ 86,7
11	± 0,0	± 0,0	+ 46,7	± 0,0	± 0,0	± 0,0	+ 6,7		+ 11,1	± 0,0	± 0,0	+ 60,0
12	± 0,0	± 0,0	+ 46,7	± 0,0	+ 13,3	± 0,0	+ 13,3		+ 41,7	+ 13,3	± 0,0	+ 86,7
13	+ 60,0	+ 13,3	+ 86,7	+ 6,7	+ 33,3	+ 30,0	+ 60,0		+ 26,7	± 0,0	+ 26,7	+ 10,0
$\bar{x}$	+ 98,3	+ 18,1	+ 67,7	+ 9,9	+ 72,8	+ 6,7	+ 54,5		+ 5,7	+ 4,0	+ 68,1	+ 50,2
$\bar{x}$	+ 2%	+ 0,4%	+ 1,4%	+ 0,2%	+ 1,5%	+ 0,1%	+ 1,1%		+ 0,1%	+ 0,1%	+ 1,4%	+ 1,0%
S	±103,4	± 30,4	± 69,8	± 10,0	± 96,5	± 11,1	± 54,9		± 12,8	± 6,4	± 78,3	± 59,0
14	+ 80,0	+ 13,3	+ 86,7	+ 16,7	+ 73,3	+ 26,7	+ 66,7		+ 13,3	+ 20,0	+ 73,3	+ 6,7
15	+113,3	± 0,0	+ 93,3	+ 16,7	+ 60,0	+ 20,0	n.a.		+140,0	+ 26,7	+106,7	+ 50,0
16	+ 80,0	± 0,0	+113,3	+ 36,7	+100,0	+ 16,7	+ 60,0		+186,7	+ 25,0	+ 13,3	+ 70,0
17	+ 80,0	± 0,0	+106,7	+ 56,7	+126,7	+ 6,7	+120,0		+166.7	+ 46,7	+ 66,7	+ 50,0
$\bar{x}$	+ 88,3	+ 3,3	+100,0	+ 31,7	+ 90,0	+ 17,5	+ 82,2	n.a.	+126,7	+ 29,6	+ 65,0	+ 44,2
$\bar{x}$ lin.	+ 1,8%	+ 0,1%	+ 2,0%	+ 0,63%	+ 1,8%	+ 0,35%	+ 1,65%		+ 2,5%	+ 0,6%	+ 1.3%	+ 0,88%
S	± 16,7	± 6,7	± 12,2	± 19,2	± 29,6	± 8,3	± 32,9		± 77,9	± 11,7	± 38,6	± 26,7

A = Approximalansicht
B = Buccalansicht
n.a. =nicht auswertbar

$\bar{x}$ = Mittelwertangabe
$\bar{x}$ lin. = lineare Abweichung v.$\bar{x}$ in %
S = Standartabweichung

Meßpunkt 0-13 =seitl.Abweichung
Meßpunkt14-17 =occlusale Abweichung

SEITLICHE UND OCCLUSALE ABWEICHUNGEN IN APPROXIMAL- UND BUCCALANSICHT (IN µm)

COLTOFLAX / COLTEX FINE

MESS-PUNKTE	STUFENPRÄP. MIT ABSCHRÄGUNG		HOHLKEHLPRÄP. MIT ABSCHRÄGUNG		STUFEN-PRÄPARATION		HOHLKEHL-PRÄPARATION		SCHULTER-PRÄPARATION		TANGENTIAL-PRÄPARATION	
	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B
0		- 26,7	± 0,0	- 73,3	± 0,0	n.a.	+ 6,7		n.a.	- 56,7	± 0,0	
1		- 40,0	- 13,3	- 46,7	+ 13,3	- 33,3	+ 13,3		n.a.	- 63,3	± 0,0	
2		- 36,7	- 16,7	- 46,7	- 13,3	- 33,3	+ 13,3		n.a.	- 60,0	± 0,0	
3		- 36,7	- 10,0	- 40,0	- 6,7	- 23,3	+ 23,3		n.a.	- 26,7	± 0,0	
4		± 0,0	- 40,0	- 36,7	+ 13,3	- 23,3	+ 40,0		n.a.	- 26,7	± 0,0	
5		- 16,7	- 40,0	- 66,7	+ 20,0	n.a.	+ 20,0		n.a.	- 26,7	± 0,0	
6		- 20,0	- 46,7	- 60,0	+ 20,0	- 13,3	+ 40,0		n.a.	- 66,7	± 0,0	
7		- 30,0	± 0,0	± 0,0	± 0,0	± 0,0	± 0,0		± 0,0	+ 13,3	± 0,0	
8	n.a.	- 16,7	± 0,0	- 33,3	- 26,7	- 26,7	± 0,0	n.a.	+ 26,7	± 0,0	± 0,0	n.a.
9		- 40,0	± 0,0	- 6,7	± 0,0	± 0,0	- 26,7		+ 33,3	± 0,0	± 0,0	
10		- 43,3	± 0,0	- 26,7	± 0,0	± 0,0	± 0,0		+ 60,0	± 0,0	± 0,0	
11		- 40,0	- 20,0	- 26,7	± 0,0	± 0,0	± 0,0		+ 20,0	± 0,0	± 0,0	
12		- 40,0	- 13,3	- 20,0	± 0,0	- 40,0	- 26,7		+ 20,0	+ 26,7	± 0,0	
13		- 26,7	- 13,3	- 80,0	± 0,0	- 20,0	- 13,3		+ 36,7	- 13,3	± 0,0	
$\bar{x}$		- 29,5	- 16,0	- 40,2	+ 1,4	- 18,9	+ 6,4		+ 28,1	- 21,4	± 0,0	
$\bar{x}$ lin.		- 0,59%	- 0,32%	- 0,8%	+ 0,03%	- 0,38%	+ 0,13%		+ 0.56%	- 0,4%	± 0,0%	
S		± 12,5	± 16,3	± 23,9	± 12,6	± 14,8	± 20,7		± 18,5	± 30,4	± 0,0	
14	+ 66,7	- 30,0	- 41,7	- 86,7	- 53,3	- 20,0	- 20,0		+ 66,7	- 46,7	+ 23,3	
15	+106,7	- 43,3	- 50,0	-113,3	- 40,0	- 40,0	- 6,7		+106,7	- 40,0	+ 30,0	
16	+110,0	- 43,3	- 53,3	-113,3	- 36,7	- 58,3	+ 26,7		+110,0	- 40,0	+ 36,7	
17	+106,7	- 26,7	- 10,0	- 93,3	- 43,3	n.a.	- 26,7		+106,7	- 40,0	+ 36,7	
$\bar{x}$	+ 97,5	- 35,8	- 38,8	-101,7	- 43,3	- 39,5	- 6,7	n.a.	+ 97,5	- 41,7	+ 31,7	n.a.
$\bar{x}$ lin.	+ 1,95%	- 0,72%	- 0,78%	- 2,03%	- 0,87%	- 0,79%	- 0,13%		+ 1,95%	- 0,83%	+ 0,63%	
S	± 20,6	± 8,8	± 19,8	± 21,1	± 7,2	± 19,2	± 23,7		± 20,6	± 3,3	± 6,4	

A = Approximalansicht
B = Buccalansicht
n.a. = nicht auswertbar
$\bar{x}$ = Mittelwertangabe
$\bar{x}$ lin. = lineare Abweichung von $\bar{x}$ in %
S = Standartabweichung
Meßpunkt 0-13 = seitliche Abweichung
Meßpunkt 14-17 = occlusale Abweichung

SEITLICHE UND OCCLUSALE ABWEICHUNGEN IN APPROXIMAL- UND BUCCALANSICHT (IN µm)

PRESIDENT PUTTY / LIGHT BODY

MESS-PUNKTE	STUFENPRÄP. MIT ABSCHRÄGUNG		HOHLKEHLPRÄP. MIT ABSCHRÄGUNG		STUFEN-PRÄPARATION		HOHLKEHL-PRÄPARATION		SCHULTER-PRÄPARATION		TANGENTIAL-PRÄPARATION	
	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B
0	+ 33,3	- 60,0			± 0,0	± 0,0	± 0,0				- 40,0	-126,7
1	+ 13,3	- 66,7			+ 23,3	- 10,0	+ 46,7				- 13,3	-100,0
2	+ 6,7	- 46,7			+ 13,3	- 6,7	+ 6,7				- 13,3	- 60,0
3	+ 13,3	± 0,0			+ 23,3	+ 13,3	+ 20,0				- 13,3	- 13,3
4	+ 20,0	- 6,7			+ 20,0	+ 13,3	+ 30,0				- 13,3	- 20,0
5	+ 53,3	- 46,7			+ 56,7	n.a.	+ 46,7				- 13,3	- 26,7
6	+ 66,7	n.a.	n.a.	n.a.	+ 20,0	+ 6,7	+ 46,7	n.a.	n.a.	n.a.	± 0,0	- 20,0
7	± 0,0	+ 20,0			+ 13,3	- 33,3	± 0,0				± 0,0	± 0,0
8	± 0,0	+ 20,0			± 0,0	± 0,0	± 0,0				± 0,0	± 0,0
9	± 0,0	+ 53,3			± 0,0	+ 6,7	± 0,0				± 0,0	± 0,0
10	± 0,0	+ 33,3			± 0,0	± 0,0	± 0,0				± 0,0	- 6,7
11	± 0,0	+ 13,3			± 0,0	± 0,0	± 0,0				± 0,0	- 20,0
12	± 0,0	+ 13,3			± 0,0	± 0,0	- 13,3				- 13,3	+ 10,0
13	+ 20,0	± 0,0			+ 23,3	+ 30,0	- 6,7				± 0,0	- 46,7
$\bar{x}$	+ 16,2	+ 3,0			+ 13,8	+ 1,6	+ 12,6				- 8,6	- 28,3
$\bar{x}$ lin.	+ 0,32%	+ 0,06%			+ 0,28%	+ 0,03%	+ 0,25%				- 0,17%	- 0,57%
S	± 21,4	± 37,8			± 16,0	± 14,6	± 21,3				± 11,2	± 44,7
14	+ 33,3	+ 6,7			+ 23,3	+ 13,3	- 6,7				- 26,7	+ 6,7
15	+ 26,7	n.a.			+ 23,3	+ 16,7	+ 0,5				- 33,3	+ 33,3
16	+ 33,3	n.a.			+ 23,3	+ 12,5	+ 40,0				- 26,7	- 73,3
17	+ 53,3	n.a.	n.a.	n.a.	+ 33,3	+ 4,2	+ 46,7	n.a.	n.a.	n.a.	- 40,0	-116,7
$\bar{x}$	+ 36,7	+ 6,7			+ 25,8	+ 11,7	+ 20,1				- 31,7	- 37,5
$\bar{x}$ lin.	+ 0,73%	+ 0,13%			+ 0,52%	+ 0,23%	+ 0,4%				- 0,63%	- 0,75%
S	± 11,6	n.a.			± 5,0	± 5,3	± 27,1				± 6,4	± 69,6

A = Approximalansicht
B = Buccalansicht
n.a. = nicht auswertbar

$\bar{x}$ = Mittelwertangabe
$\bar{x}$ lin. = lineare Abweich.v. $\bar{x}$ in %
S = Standartabweichung

Meßpunkt 0-13 seitl.Abweichung
Meßpunkt 14-17 seitl.Abweichung

DANKSAGUNG

Besonderer Dank gilt Herrn Professor Dr. Erich Körber für die Überlassung dieses Themas und Unterstützung während der Durchführung der Untersuchungen.

Herzlichen Dank auch an Herrn Oberarzt Dr. Freesmeyer für die sehr gute Betreuung, welche die Durchführung dieser Arbeit sehr erleichterte.

Für die Einführung in das Arbeitsgebiet der Vergleichs-makroskopie sowie für die beratende Funktion auf dem Gebiete der Optik sei Herrn Dr. Lindemann recht herzlich gedankt.

Ein besonderer Dank gilt auch der kriminaltechnischen Untersuchungsabteilung unter der Leitung von Herrn Hauptkommissar Schmid für die Bereitstellung ihres Vergleichsmakroskopes und für die freundliche Aufnahme auf der Abteilung für die Zeit der Untersuchungen.

Dank gebührt auch Herrn Kürner für die Herstellung der für die Arbeit benötigten mechanischen Geräte.

LEBENSLAUF

Am 14.8.1954 wurde ich, Anton Birk, in Dellmensingen, Alb-Donau-Kreis, als ältester Sohn des Landwirts Josef Birk und seiner Ehefrau Kreszentia Birk, geb. Hafner, geboren.

Von April 1961 bis Juli 1968 besuchte ich die Volksschule in Dellmensingen, um im September 1968 an das Staatliche Aufbaugymnasium mit Heim in Saulgau überzuwechseln. Am 29.5.1974 erlangte ich dort die allgemeine Hochschulreife.

Am 1.7.1974 erfolgte die Einberufung zur Bundeswehr. Dort wurde ich allerdings schon am 11.10.1974 vorzeitig entlassen, um in Tübingen im Wintersemester 1974/75 das Zahnmedizinstudium aufnehmen zu können.

Am 17.9.1975 legte ich dort die naturwissenschaftliche Vorprüfung für Zahnärzte ab. Die zahnärztliche Vorprüfung bestand ich am 16.3.1977 und am 19.12.1979 beendete ich das Studium mit der zahnärztlichen Prüfung.

Vom 1.2.1980 bis 30.10.1981 war ich wissenschaftlicher Angestellter an der prothetischen Abteilung am Zentrum für Zahn-, Mund- und Kieferkrankheiten in Tübingen.

Seit dem 1.11.1981 leiste ich als Stabsarzt meinen restlichen Grundwehrdienst ab.